
BACHELORARBEIT

Herr
Daniel Müller

**Untersuchung aktueller
Storagetechnologien für den
Einsatz in mittelständischen
Unternehmen**

Mittweida, 2013

BACHELORARBEIT

Untersuchung aktueller Storagetechnologien für den Einsatz in mittelständischen Unternehmen

Autor:

Herr

Daniel Müller

Studiengang:

Informatik

Seminargruppe:

IF10w1-B

Erstprüfer:

Prof. Dr. Mario Geißler

Zweitprüfer:

Dipl. Physiker Matthias Adler

Einreichung:

Mittweida, 30.10.2013

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2013

BACHELORTHESIS

Exploration of current storage technologies for use in medium-sized companies

author:

Mr.

Daniel Müller

course of studies:

computer science

seminar group:

IF10w1-B

first examiner:

Prof. Dr. Mario Geißler

second examiner:

Dipl. Physiker Matthias Adler

submission:

Mittweida, 30.10.2013

defence/ evaluation:

Mittweida, 2013

Bibliografische Beschreibung:

Müller, Daniel:

Untersuchung aktueller Storagetechnologien für den Einsatz in mittelständischen Unternehmen

63 Seiten, 47 Abbildungen

Hochschule Mittweida, Fakultät Mathematik/Naturwissenschaften/Informatik

Bachelorarbeit, 2013

Referat:

Das Ziel der Bachelorarbeit ist die Gegenüberstellung zweier Storagesysteme – einer kommerziellen Storage sowie einer Open-Source-Lösung. Nach einem theoretischen Einstieg in das Thema Speicher werden beide Storagesysteme jeweils anhand einer Beispielkonfiguration beschrieben und konfiguriert. Anschließend erfolgen die Bewertung der Storages mittels vorher gewählter Bewertungskriterien sowie ein direkter Vergleich beider Systeme. Den Abschluss dieser Arbeit bildet ein kurzer Ausblick in das aktuelle Thema der Speichervirtualisierung.

Inhalt

Inhalt	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung.....	1
1.1 <i>Motivation und Zielstellung</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Kapitelübersicht.....</i>	<i>2</i>
2 Theoretische Grundlagen	3
2.1 <i>Speicherzentrierte IT-Architektur</i>	<i>3</i>
2.2 <i>Intelligente Disksubsysteme</i>	<i>3</i>
2.2.1 <i>Hot-Spare- / Global-Hot-Spare-Festplatten.....</i>	<i>5</i>
2.3 <i>RAID</i>	<i>5</i>
2.4 <i>RAID-Levels</i>	<i>6</i>
2.4.1 <i>JBOD</i>	<i>6</i>
2.4.2 <i>RAID-0</i>	<i>6</i>
2.4.3 <i>RAID-1</i>	<i>7</i>
2.4.4 <i>RAID-5</i>	<i>8</i>
2.4.5 <i>RAID-10</i>	<i>9</i>
2.5 <i>Aktuelle Speicher-Topologien.....</i>	<i>10</i>
2.5.1 <i>Direct Attached Storage</i>	<i>10</i>
2.5.2 <i>Network Attached Storage.....</i>	<i>11</i>
2.5.3 <i>Storage Area Network</i>	<i>13</i>
2.6 <i>Tiered Storage</i>	<i>15</i>
3 Bewertungskriterien.....	16
3.1 <i>Auswahl der Bewertungskriterien</i>	<i>16</i>
4 Konfiguration zweier Storage-Lösungen.....	18
4.1 <i>Konfiguration einer kommerziellen Storage</i>	<i>18</i>
4.1.1 <i>Beschreibung der Zielstellung</i>	<i>18</i>

4.1.2	Fujitsu ETERNUS DX60 S2	19
4.1.3	Konfiguration der ETERNUS DX60 S2.....	20
4.2	<i>Konfiguration einer Open-Source-Lösung</i>	29
4.2.1	Beschreibung der Zielstellung	29
4.2.2	Systemanforderungen.....	30
4.2.3	Installation von Openfiler.....	31
4.2.4	Konfiguration von Openfiler als Fibre-Channel-Target.....	35
4.2.5	Konfiguration von Openfiler als iSCSI-Target.....	36
5	Bewertung beider Storage-Lösungen.....	45
5.1	<i>Bewertung anhand ausgewählter Kriterien.....</i>	45
5.2	<i>Bewertungsübersicht.....</i>	52
5.3	<i>Fazit.....</i>	52
6	Ausblick in die Speichervirtualisierung	54
6.1	<i>Was ist Speichervirtualisierung?</i>	54
6.2	<i>Speichervirtualisierung anhand eines Beispiels.....</i>	55
Anlage	57
	<i>Front- und Rückansicht der ETERNUS DX60 S2</i>	57
Literatur	58
Selbstständigkeitserklärung	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: RAID-Level - RAID-0	6
Abbildung 2: RAID-Level - RAID-1	7
Abbildung 3: RAID-Level - RAID-5	8
Abbildung 4: RAID-Level - RAID-10	9
Abbildung 5: Speicher-Topologien – struktureller Aufbau von DAS	11
Abbildung 6: Speicher-Topologien – struktureller Aufbau von NAS	12
Abbildung 7: Speicher-Topologien – struktureller Aufbau von SAN	14
Abbildung 8: Konfiguration einer kommerziellen Storage - Zielstellung.....	19
Abbildung 9: DX60 S2 - Konfiguration IP-Adresse.....	20
Abbildung 10: DX60 S2 - Konfiguration Datum/Uhrzeit.....	21
Abbildung 11: DX60 S2 - Konfiguration SAS-Port	21
Abbildung 12: DX60 S2 – Erstellung eines RAIDs.....	22
Abbildung 13: DX60 S2 - Erstellung eines Volume.....	23
Abbildung 14: DX60 S2 – Konfiguration der Host Response	24
Abbildung 15: DX60 S2 - Erstellung der Affinity Group.....	24
Abbildung 16: DX60 S2 – ESXi-Hosts an SAS-Ports registrieren	25
Abbildung 17: DX60 S2 - Zuweisung der Affinity Groups.....	26
Abbildung 18: DX60 S2 – Volmues in ESXi-Host einbinden	26
Abbildung 19: DX60 S2 – ESXi Endkonfiguration Bild 1	27
Abbildung 20: DX60 S2 – ESXi Endkonfiguration Bild 2	27

Abbildung 21: DX60 S2 – ESXi Endkonfiguration Bild 3.....	28
Abbildung 22: Konfiguration einer Open-Source-Lösung - Zielstellung.....	29
Abbildung 23: Installation Openfiler - Wahl des Installations-Modus.....	31
Abbildung 24: Installation Openfiler - Partitionierung der Festplatten	32
Abbildung 25: Installation Openfiler – erweitertes Partitionsmanagement Bild 1	33
Abbildung 26: Installation Openfiler - erweitertes Partitionsmanagement Bild 2	33
Abbildung 27: Installation Openfiler – Hauptbildschirm/Konsole.....	34
Abbildung 28: Installation Openfiler – Login - Webinterface	34
Abbildung 29: Installation Openfiler – Übersicht - Webinterface	35
Abbildung 30: Openfiler als iSCSI-Target – Block Devices.....	37
Abbildung 31: Openfiler als iSCSI-Target – Erstellung des Physical Volumes.....	37
Abbildung 32: Openfiler als iSCSI-Target – Bug bei Erstellung des Physical Volumes....	38
Abbildung 33: Openfiler als iSCSI-Target – Erstellung der Volume Group	38
Abbildung 34: Openfiler als iSCSI-Target – Erstellung des Logical Volumes.....	39
Abbildung 35: Openfiler als iSCSI-Target – Logical Volume erfolgreich erstellt.....	39
Abbildung 36: Openfiler als iSCSI-Target – starten des iSCSI-Target-Services	40
Abbildung 37: Openfiler als iSCSI-Target – Vergabe IQN	40
Abbildung 38: Openfiler als iSCSI-Target – LUN Mapping	41
Abbildung 39: Openfiler als iSCSI-Target – Network Access Configuration.....	41
Abbildung 40: Openfiler als iSCSI-Target – Network ACL	42
Abbildung 41: Openfiler als iSCSI-Target - Endkonfiguration Bild 1	42
Abbildung 42: Openfiler als iSCSI-Target – Endkonfiguration Bild 2	43
Abbildung 43: Openfiler als iSCSI-Target – Endkonfiguration Bild 3	43

Abbildungsverzeichnis	V
Abbildung 44: Openfiler als iSCSI-Target – Endkonfiguration Bild 4.....	43
Abbildung 45: Openfiler als iSCSI-Target – Endkonfiguration Bild 5.....	44
Abbildung 46: Speichervirtualisierung anhand eines Beispiels	55
Abbildung 47: Anlage - ETERNUS DX60 S2- Frontansicht.....	57
Abbildung 48: Anlage - ETERNUS DX60 S2- Rückansicht.....	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Disksubsystem – I/O-Techniken	4
Tabelle 2: Speicher-Topologien – Pro und Kontra von DAS	11
Tabelle 3: Speicher-Topologien – Pro und Kontra von NAS	12
Tabelle 4: Speicher-Topologien – Pro und Kontra von SAN	14
Tabelle 5: Openfiler – Mindestsystemanforderungen – physische Hardware	30
Tabelle 6: Openfiler – Mindestsystemanforderungen – virtuelle Hardware	30
Tabelle 7: Bewertung Konfigurationsaufwand ohne Vorkenntnisse	46
Tabelle 8: Bewertung Konfigurationsaufwand mit Vorkenntnissen.....	46
Tabelle 9: Bewertung Anschaffungskosten.....	47
Tabelle 10: Bewertungsüberblick.....	52

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
CPU	Central Processing Unit
DAS	Direct Attached Storage
FC	Fibre Channel
FC-P	Fibre Channel Protokoll
GB	Gigabyte
GHZ	Gigahertz
GUI	Graphical User Interface
HBA	Host-Bus-Adapter
HSM	Hierarchical Storage Manangement
I/O	Input/Output
ILM	Information Lifecycle Management
IP	Internetprotokoll
IQN	iSCSI Qualified Name
iSCSI	Internet Small Computer System Interface
IT	Informationstechnik
JBOD	Just a Bunch of Disks
LUN	Logical Unit Number
MBR	Master Boot Record
NAS	Network Attached Storage
NFS	Network File System
NTP	Network Time Protocol
OS	Operating System
RAID	Redundant Array of Independent Disks
RAM	Random-Access Memory

RPM	Revolutions per Minute
SAN	Storage-Area-Network
SAS	Serial Attached SCSI
SATA	Serial Advanced Technology Attachment
SMART	Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology
SMB/CIFS	Server Message Block / Common Internet File System
SLA	Service-Level-Agreement
TB	Terabyte
USB	Universal Serial Bus

1 Einleitung

1.1 Motivation und Zielstellung

Seit der Entwicklung des ersten Computers im Jahr 1941 durch Konrad Zuse hat sich einiges in der Welt der Technik getan. Die elektronische Verarbeitung von Informationen breitet sich mit großen Schritten in sämtliche Lebensbereiche aus. Doch die Daten sollen heute nicht nur verarbeitet, sondern auch dauerhaft gespeichert und ständig zugänglich sein. So einfach es mittlerweile geworden ist, Daten zu erzeugen, so einfach ist es auch diese schlagartig unwiederbringlich zu verlieren. Die größte Herausforderung in der Informatik ist es deshalb, die ständig wachsende Datenflut sicher und dennoch leicht zugänglich zu halten.

Diese Datenflut hat ihren Höhepunkt noch lange nicht erreicht. Täglich werden z.B. neue Abteilungen einer Firma und/oder alte analoge Informationen digitalisiert, neue soziale Netzwerke gegründet oder einfach nur über das Internet kommuniziert. Viele Menschen wollen mittlerweile nicht nur Daten und Informationen beziehen, sondern diese auch für andere zur Verfügung stellen können z.B. in Form von Wikis, sozialen Netzwerken oder auf anderen Wegen.

Speicherplatz für eine solche Menge von Daten und Informationen ist heute nicht mehr durch direkt angeschlossene Festplatten in Servern realisierbar. Bereits seit Jahren geht der Trend weg von diesen fest verbauten Festplatten hin zu separat zum Ethernet existierenden Speichernetzwerken mit zentralem Speicher. Heute befindet sich eine Vielzahl von Festplatten in separaten, externen Gehäusen (sogenannte Disksubsysteme oder auch Disk-Arrays), welche durch diese Speichernetzwerke mit den Servern verbunden sind. Disksubsysteme ermöglichen somit z.B. die Nutzung gemeinsamer Speicher-Ressourcen durch mehrere Server.

Eine solche Lösung hat vielerlei Vorteile, jedoch sind diese auch meist mit beträchtlichen Kosten verbunden. Aus diesem Grund ist es nicht jedem mittelständischen Unternehmen möglich, seine IT darauf umzustellen. Dank neuer Verfahren wie z.B. iSCSI oder kostengünstigen Alternativen wie Open-Source-Speicherlösungen gelingt es nun auch diesen Firmen, Speichernetzwerke in ihrem produktiven Umfeld einzusetzen und deren Vorteile zu nutzen.

Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit ist die Untersuchung aktueller Storagetechnologien in mittelständischen Unternehmen anhand zweier verschiedener Beispielsysteme. Es wird eine kommerzielle Storagelösung sowie eine Open-Source-Lösung im Verhältnis zueinander betrachtet und direkt verglichen. Die Untersuchung erfolgt mittels selbstgewählter Kriterien.

1.2 Kapitelübersicht

Das zweite Kapitel beschäftigt sich mit theoretischen Grundlagen zum Themenbereich Storage und Speichern. Hier werden verständnisrelevante Inhalte wie speicherzentrierte IT-Architektur, intelligente Disksubsystem, RAID mit den wichtigsten RAID-Levels sowie aktuelle Speicher-Topologien behandelt und erklärt.

Im dritten Kapitel werden die zur Untersuchung benötigten Bewertungskriterien generiert. Neben der Auswahl der Kriterien wird deren Schwerpunkt kurz erläutert.

Die zwei zu untersuchenden Storage-Lösungen werden in Kapitel vier vorgestellt und jeweils anhand eines Beispiels konfiguriert. Diese Konfiguration wird Schritt für Schritt erläutert und durch Screenshots visualisiert.

Eine Auswertung der in Kapitel drei gewählten Bewertungskriterien erfolgt im fünften Kapitel. Jedes Kriterium wird für beide Storage-Lösungen bewertet und anschließend durch ein kurzes Fazit abgeschlossen. Außerdem beinhaltet dieses Kapitel eine Bewertungsübersicht über alle Kriterien sowie ein Gesamtfazit.

Abschließend erfolgt im sechsten Kapitel ein kurzer Ausblick zum aktuellen Thema Speichervirtualisierung.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Speicherzentrierte IT-Architektur

Vorläufer der speicherzentrierten IT-Architektur ist die serverzentrierte IT-Architektur. In dieser wird der Speicher direkt an einen einzelnen Server bzw. maximal zwei Server für Redundanz angeschlossen, ist aber ausschließlich durch nur einen der beiden nutzbar. Speicher existiert in dieser IT-Architektur nur in Abhängigkeit von Servern. Ein Datenzugriff durch weitere Hosts muss unbedingt über den physisch angeschlossenen Server erfolgen. Folglich wäre bei einem Serverausfall kein Datenzugriff möglich. Diese Situation ist heute bereits in den meisten mittelständischen Unternehmen nicht mehr tragbar, da der Großteil der Daten ständig von jedem Computer im Netzwerk verfügbar sein soll.

Auch der wachsende Speicherbedarf bei gleichzeitiger Begrenzung der Speicherkapazität stellt die serverzentrierte IT-Architektur vor Probleme, da die direkt angeschlossenen Speichergeräte durch die maximale Anzahl der I/O-Ports des Servers beschränkt wurden.

Eine Lösung dieser Probleme zeigte sich in Form der speicherzentrierten IT-Architektur. Dabei wird Speicher durch ein neben dem Ethernet existierendes Netzwerk zur Verfügung gestellt. So kann Speicher zentral für mehrere Server gleichzeitig bereitgestellt werden und ist dennoch komplett unabhängig von diesen. Selbst nach Ausfall eines Servers ist der Speicher problemlos für alle anderen Server erreichbar. Viele kleine Speichergeräte können jetzt zu einem großen Speicher zusammengefasst werden, welcher anschließend Speicherplatz für jeden angeschlossenen Server dynamisch bereitstellt. Diese Speicherkonsolidierung erfolgt derzeit häufig durch sogenannte Disksubsysteme bzw. intelligente Disksubsysteme.

2.2 Intelligente Disksubsysteme

Intelligente Disksubsysteme - oder auch Intelligente Disk-Arrays genannt - stellen einen wichtigen Punkt der aktuellen Storagetechnologien dar. Sie bestehen aus einer Vielzahl von Festplatten, welche dazu dienen Speicher für mehrere Server bereitzustellen. Des Weiteren sind sie mit Controllern, Caches sowie mehreren Netzteilen und Kommunikations- und Speicher-Ports ausgestattet. Alle benannten Komponenten sind in der Regel redundant, so dass bei einem Defekt einer Komponente nicht das gesamte System ausfällt.

Der Controller ist das Herzstück des intelligenten Disksubsystems und generell verantwortlich für die Verwaltung aller Komponenten sowie sämtlicher I/O-Operationen. Ebenso fällt die Erzeugung und Verwaltung eines RAID und die Überwachung und vorzeitige Fehlererkennung der Festplatten in seinen Aufgabenbereich.

Die Übertragung der Daten über die I/O-Pfade geschieht wesentlich schneller, als das Beschreiben einer physischen Platte. Aus diesem Grund besitzt ein intelligentes Disksubsystem in der Regel neben den Festplatten-Caches der einzelnen Platten einen oder mehrere eigene Lese-und/oder Schreib-Caches. Beispielsweise werden die Daten bei einem Schreib-Cache zuerst in den Cache gespeichert und danach von dort aus auf die physische Platte geschrieben. Dadurch werden die I/O-Pfade bestmöglich entlastet und das gesamte System beschleunigt. In manchen Systemen sind diese Caches zusätzlich Batterie-gepuffert, wodurch es möglich ist unvollständig geschriebene Daten vor dem Verlust durch einen plötzlichen Stromausfall zu bewahren. Die Daten werden dank der Batterie im Cache gehalten und bei einer Rückkehr des Stroms weiter auf die entsprechende Festplatte geschrieben.

Bei der Architektur der I/O-Technik in einem intelligenten Disksubsystem, also der Art wie Ports, Controller und Festplatten intern miteinander verbunden sind, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Die folgende Tabelle soll dazu einen Überblick über die möglichen I/O-Techniken liefern:

Tabelle 1: Disksubsystem – I/O-Techniken

I/O-Technik	Beschreibung
Active:	Alle Festplatten sind über einen einzigen I/O-Kanal mit dem Controller verbunden. Bei einem Ausfall des Kanals ist kein Datenzugriff mehr möglich.
Active/Passive:	Die Festplatten sind über zwei I/O-Kanäle mit dem Controller verbunden, kommunizieren dennoch ausschließlich über den primären Kanal. Erst bei Ausfall des Kanals wird der sekundäre Kanal verwendet, um die Daten weiterhin zu erreichen.
Active/Active (No Load Sharing)	Die Festplatten werden in zwei Gruppen aufgeteilt und sind über zwei I/O-Kanäle mit dem Controller verbunden. Jede Gruppe kommuniziert über einen unterschiedlichen Kanal mit dem Controller. Sollte ein Kanal ausfallen, wird der jeweils andere zur weiteren Kommunikation verwendet.
Active/Active (Load Sharing)	Alle Festplatten sind über zwei Kanäle mit dem Controller verbunden, kommunizieren jedoch über beide Kanäle. Der Controller nimmt eine automatische Lastverteilung vor, um die Hardware effektiv zu nutzen. Im Falle eines Ausfalls wird nur noch über den verbleibenden Kanal kommuniziert.

Intelligente Disksubsysteme bieten im Vergleich zu „normalen“ Disksubsystemen weitere Features, wie beispielsweise das sogenannte LUN Masking. Es ermöglicht den Zugriff von Servern auf bestimmte Festplatten genauer festzulegen oder einzuschränken. Dieses und weitere „intelligente“ Features unterscheiden Disksubsysteme von intelligenten Disksubsystemen.

2.2.1 Hot-Spare- / Global-Hot-Spare-Festplatten

Ein Schutz vor Datenverlust wird oftmals durch RAID realisiert. Dieser Schutz kann in einem Disksubsystem durch die Verwendung von sogenannte „Hot-Spare-Festplatten“ noch einmal erhöht werden. Hot-Spare-Festplatten sind reservierte Platten, welche bei Defekt einer aktiven Festplatte an deren Stelle einspringen.

Es wird zwischen „Hot-Spare“ und „Global-Hot-Spare“ unterschieden. Hot-Spare-Festplatten werden einem RAID fest zugeordnet. Sollte eine Festplatte dieses RAID fehlerhaft oder defekt sein, springt die dazugehörige Hot-Spare-Festplatte für diese ein. Global-Hot-Spare-Festplatten hingegen können die Funktion jeder defekten Platte des gesamten Disksubsystems übernehmen. Eine solche Hot-Spare- bzw. Global-Hot-Spare-Festplatte muss daher mindestens die Kapazität der größten Festplatten besitzen, für welche sie einspringen kann.

2.3 RAID

Festplatten sind kein ausfallsicheres Medium. Ihre durchschnittliche „Lebensdauer“ wird aktuell mit ca. fünf Jahren angegeben, was sich jedoch bei einer Dauerbelastung oder anderen Einflüssen, wie z.B. zu hohe Temperaturen drastisch reduzieren kann. Der plötzliche Ausfall einer Festplatte bedeutet nicht nur einen Verlust der Daten sondern auch den Verlust von Kapital der Firmen. RAID – „Redundant Array of Independent Disks“ – ist die gängigste Variante Daten aktiv vor einem Verlust zu schützen. Durch diese Technik wird nicht nur eine höhere Ausfallsicherheit, sondern auch in manchen Varianten ein enormer Performanceanstieg erreicht. Die richtige Wahl zwischen Datensicherheit und Performance sind allein vom Verwendungszweck abhängig.

Das RAID findet im RAID-Controller statt, der heute in den meisten gängigen Disksubsystemen oder aber bereits auch in vielen Standard-Computern zu finden ist. Der RAID-Controller ist mit allen Festplatten verbunden, erzeugt das gewünschte RAID über die ausgewählten physischen Festplatten und daraus eine virtuelle Festplatte. Das RAID wird im Betriebssystem nur als eine logische Platte angezeigt und behandelt. Alle Verwaltungsaufgaben sowie die interne Datenzuordnung zu den einzelnen physischen Platten übernimmt der RAID-Controller vollkommen unabhängig vom OS.

2.4 RAID-Levels

Über Jahre hinweg wurden ständig neue RAID-Varianten entwickelt, die sogenannten RAID-Levels. Jedes davon besitzt gewisse Vor- und Nachteile, welche somit den optimalen Verwendungszweck bestimmen. Im Folgenden werden die derzeit praxisrelevanten RAID-Levels kurz erläutert und deren Vor- und Nachteile aufgezeigt. Es werden ausschließlich die Grundformen vorgestellt, herstellerspezifische Varianten oder Modifikation sind nicht Bestandteil dieser Arbeit.

2.4.1 JBOD

JBOD – „Just a Bunch of Disks“ – ist kein wirkliches RAID-Level. Da es derzeit dennoch weit verbreitet ist, soll es an dieser Stelle zur Vollständigkeit kurz erwähnt werden. JBOD besitzt keinerlei Redundanz und ist nur ein Array voneinander unabhängiger Festplatten. Angehängt an einen Server „sieht“ und nutzt dieser jede Festplatte als eigenständige Platte bzw. Volume.

2.4.2 RAID-0

RAID-0 ist das RAID-Level mit der besten Schreib-Performance allerdings ohne Ausfallsicherheit. Bei diesem RAID-Level verteilt der Controller die Daten blockweise auf alle physischen Festplatten nacheinander – das sogenannte „Striping“. Das Verfahren macht sich den schnellen Datenaustausch über die I/O-Kanäle zum Vorteil. Der Controller sendet den ersten Block zum Festplatten-Cache der ersten Platte, anschließend zur nächsten und so weiter. Nachdem er jeder Festplatte einen Datenblock gesendet hat, beginnt er wieder bei der ersten Platte. Im Idealfall ist diese bereits mit dem physischen Schreiben der Daten fertig und kann einen weiteren Block vom Controller erhalten.

Der Ausfall einer Festplatte würde jedoch einen Datenverlust des gesamten RAID bedeuten. RAID-0 richtet sich daher ausschließlich auf die Verbesserung der Performance und nicht auf die Ausfallsicherheit.

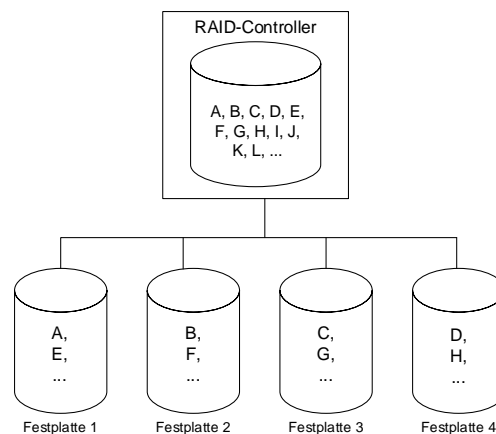


Abbildung 1: RAID-Level - RAID-0

2.4.3 RAID-1

Eine gute Ausfallsicherheit, zu Lasten der Performance und der Speicherkapazität, bietet das RAID-1. Bei diesem RAID-Level wird der Inhalt einer virtuellen Platte auf mindestens zwei physische Festplatten gespiegelt (auch ein „Three Way Mirror“ mit drei Spiegeln ist möglich). Bei dem Ausfall einer Festplatte existiert eine Kopie der Platte. Ein Ausfall der Hälfte aller Festplatten ist theoretisch möglich, solange noch ein Spiegel jeder ausgefallenen Platte vorhanden ist und nicht selbst ausfällt.

Leseoperationen können bei RAID-1 eine kleine Performance-Steigerung erfahren, da Datenblöcke im besten Fall von mehreren Festplatten gleichzeitig gelesen werden können. Aber im Vergleich zu anderen RAID-Leveln ist die Lese-Performance dennoch weitaus schlechter. Schreiboperationen sind erheblich langsamer aufgrund der Spiegelung. Das gesamte Datenvolumen wird so bereits bei einem einfachen „Mirror“ verdoppelt und die nutzbare Speicherkapazität, auf alle verwendeten Festplatten betrachtet, halbiert.

Zusammenfassend betrachtet, besitzt RAID-1 den Vorteil der Ausfallsicherheit aufgrund der 1:1 Spiegelung der Datenblöcke auf mindestens zwei Festplatten. Hohe Performance oder Speicherkapazität ist mit diesem RAID-Level allerdings nicht zu erreichen.

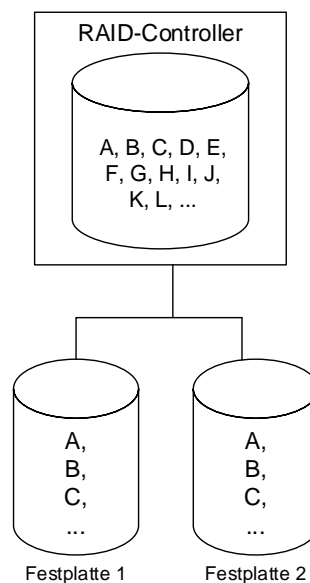


Abbildung 2: RAID-Level - RAID-1

2.4.4 RAID-5

RAID-5 ist ein vergleichsweise ausfallsicheres RAID mit moderater Performance. Für die Realisierung werden mindestens drei Festplatten benötigt. In diesem Beispiel wird es jedoch anhand von fünf Festplatten erläutert.

RAID-5 striped die ersten vier Datenblöcke auf die ersten vier Festplatten. Anhand dieser vier Datenblöcke wird mittels der mathematischen XOR-Operation ein weiterer Block erzeugt, der Paritätsblock, welcher auf die fünfte Festplatte geschrieben wird. Anschließend werden erneut vier Datenblöcke geschrieben und aus diesen wiederum ein Paritätsblock erzeugt. Allerdings wird der Paritätsblock nun auf die vierte Festplatte und der vierte Datenblock auf die fünfte Festplatte geschrieben. Auf diese Weise werden die Paritätsblöcke systematisch über alle fünf Festplatten verteilt. Die Änderung eines Datenblocks erfordert jedoch auch die Neuberechnung und das erneute Schreiben des dazugehörigen Paritätsblocks.

Bei einem Festplattenausfall kann der gesamte Inhalt anhand von Paritätsblöcken und Datenblöcke auf den verbleibenden Festplatten rekonstruiert werden. RAID-5 verkraftet lediglich den Ausfall nur einer Festplatte. Sollte es noch zum Ausfall weiterer kommen, wären alle Daten des RAIDs nicht mehr rekonstruierbar und somit verloren. Für dieses Problem bietet RAID-6 eine Lösung. RAID-6 erweitert einfach das RAID-5 um eine weitere Paritätsplatte und kann somit den Ausfall von bis zu zwei Festplatten problemlos verkraften.

Auf Grund der Verteilung der Daten auf mehreren Festplatten sind Leseoperationen bei RAID-5 ebenso performant wie es bei RAID-0 der Fall ist. Schreiboperationen können jedoch nicht so schnell durchgeführt werden, da jede Schreiboperation auch die Berechnung und das Schreiben des dazugehörigen Paritätsblocks beinhaltet. Die Paritätsblöcke sind jedoch klein gehalten, sodass der Großteil der gesamten Speicherkapazität für Nutzdaten verwendet werden kann.

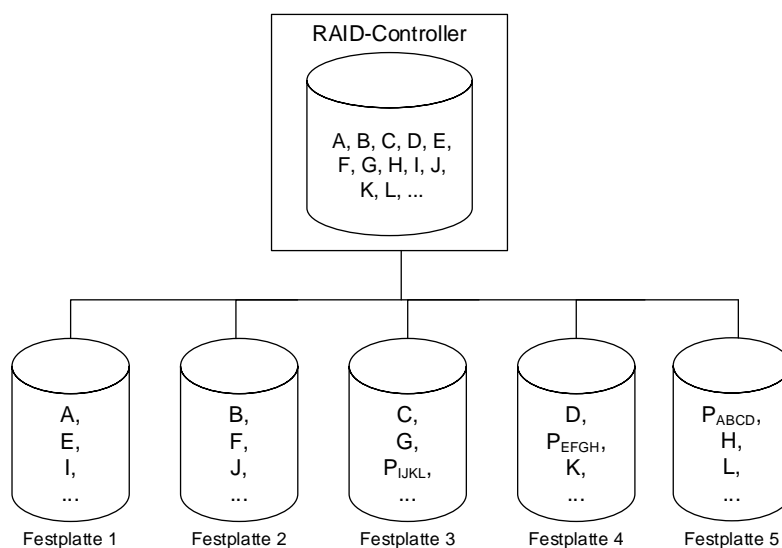


Abbildung 3: RAID-Level - RAID-5

2.4.5 RAID-10

Das derzeit performanteste und ausfallsicherste RAID, ist das RAID-10. Es vereint die Vorgehensweisen der RAIDs 1 und 0 miteinander. Zunächst werden jeweils zwei Festplatten als Spiegel zusammengefasst und anschließend die Datenblöcke über alle vorhandenen Spiegel gestripet. Der Ausfall einer Festplatte stellt dank der Spiegelung kein großes Problem dar. Selbst ein weiterer Plattenausfall, sofern es nicht der Spiegel zur bereits ausgefallenen Festplatte ist, wäre zu verkraften.

Dank der Kombination aus den RAID-Leveln 1 und 0 nutzt RAID-10 die Vorteile beider RAID-Level um die Schwächen des jeweils anderen Verfahrens zu eliminieren. Somit sind eine hohe Performance und eine hohe Ausfallsicherheit gegeben. Die nutzbare Speicherkapazität beträgt 50% der gesamten Kapazität, ebenso wie es bei RAID-1 der Fall ist (siehe Kapitel 2.4.3).

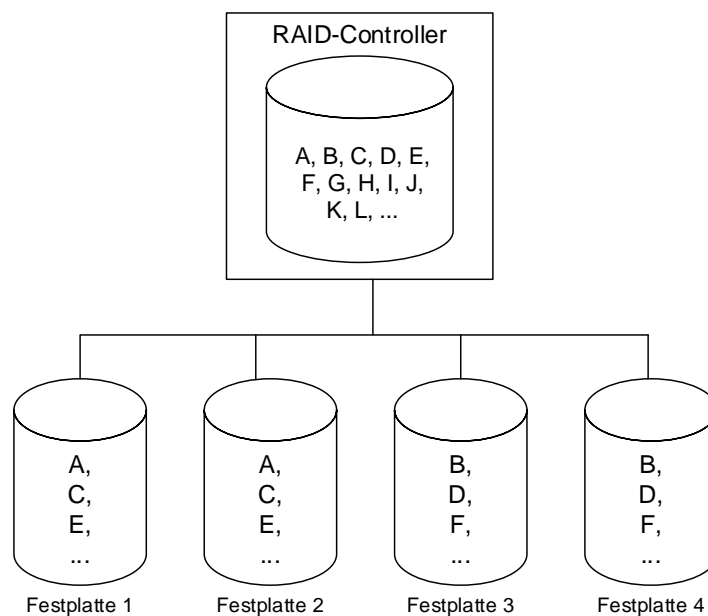


Abbildung 4: RAID-Level - RAID-10

2.5 Aktuelle Speicher-Topologien

Eine Topologie eines Rechnernetzes ist per Definition „die Struktur der Verbindungen mehrerer Geräte untereinander, um einen gemeinsamen Datenaustausch zu gewährleisten“¹. Auf Speicher betrachtet ist eine Speicher-Topologie also die Art und Weise wie Speicher mit einem oder mehreren Hosts verbunden ist, um Daten miteinander auszutauschen zu können.

Im Folgenden werden die derzeit aktuellen Speicher-Topologien genannt und kurz erläutert. Eine Zeichnung des strukturellen Aufbaus der jeweiligen Topologie sowie deren Vor- und Nachteile dienen der Verdeutlichung.

2.5.1 Direct Attached Storage

Direct Attached Storage, kurz DAS oder auch Server Attached Storage genannt, ist die älteste, aber dennoch am weitesten verbreitete Speicher-Topologie. Mittels DAS ist es möglich, dass sich Speicher nicht mehr direkt im Server-Gehäuse befinden muss. Die Festplatten oder Speichermedien werden in einem separaten Gehäuse verbaut und anschließend direkt an einen einzelnen Server angeschlossen. Aus Gründen der Redundanz ist es in den meisten Fällen auch möglich, den externen Speicher mit bis zu zwei Servern zu verbinden. Hierfür verwendete Speichermedien sind häufig Disksubsysteme oder sogar intelligente Disksubsysteme.

Die für diese Punkt-zu-Punkt-Verbindung übliche Schnittstelle war bis vor wenigen Jahren die parallele SCSI-Schnittstelle. Heute ist sie jedoch bereits von der neueren, seriellen SAS-Schnittstelle abgelöst worden, welche weiterhin auf dem SCSI-Protokoll basiert. Nichtsdestotrotz wären auch andere Schnittstellen, wie z.B. FireWire, Fibre Channel, eSATA oder USB möglich. Die Verbindung am Server erfolgt oftmals mittels eines entsprechenden HBAs mit externen Anschlüssen.

Das angeschlossene Speichermedium bietet die gleiche Leistung wie z.B. eine direkt angeschlossene Festplatte. Die Daten werden dabei blockweise zwischen Server und dem Speichermedium übertragen. Andere Hosts können hingegen ausschließlich über den physisch angeschlossenen Server auf diesen Speicher zugreifen. Ein Ausfall des Servers würde also die Erreichbarkeit der Daten für andere Server unterbinden. Dennoch bietet Direct Attached Storage eine kostengünstige Alternative, vorhandene Server problemlos um Speicherplatz zu erweitern.

¹ [http://de.wikipedia.org/wiki/Topologie_\(Rechnernetz\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Topologie_(Rechnernetz))

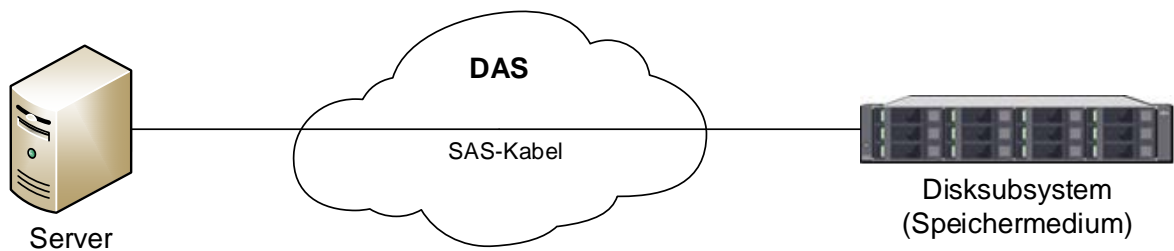


Abbildung 5: Speicher-Topologien – struktureller Aufbau von DAS

Tabelle 2: Speicher-Topologien – Pro und Kontra von DAS

Pro	Kontra
<ul style="list-style-type: none"> - kostengünstige Möglichkeit, einen Server um weitere Festplatten zu erweitern (Server weiterhin vorhanden, maximal Anschaffung eines entsprechenden HBAs nötig) - einfache Realisierung - in kleinen Netzen einfach durch betriebs-systemeigene Mittel zu verwalten 	<ul style="list-style-type: none"> - bei Serverausfall kein Zugriff auf Daten möglich (Speicher abhängig von Server) - in größeren Netzen sehr komplex zu verwalten

2.5.2 Network Attached Storage

Eine weitere Speicher-Topologie ist der sogenannte „Network Attached Storage“ oder kurz NAS. NAS ermöglicht es ohne großen Aufwand, Speicherkapazität in einem bestehenden Rechnernetzwerk bereitzustellen. Diese Speicherkapazität ist anschließend über das vorhandene Ethernet für mehrere Hosts oder auch Client-PCs gleichzeitig nutzbar.

Ein solcher NAS-Server besitzt allerdings nicht nur reine Speicherkapazität. Die Zugriffsrechte aller Dateien sowie eine Vielzahl unterschiedlicher Dateidienste (z.B. FTP-Server, Web-Server, Druck-Server, usw.) werden ebenfalls vom ihm selbst verwaltet und bereitgestellt. Dies alles ist möglich, da der NAS-Server ein eigenes Betriebssystem bietet und grundsätzlich als eigenständiger Host arbeitet. NAS ist dadurch ein serverunabhängiger

Speicher, da er nicht an die Existenz und Funktionsfähigkeit eines anderen Servers gebunden ist.

Der Datenzugriff findet meist dateibasiert über die Protokolle SMB/CIFS oder NFS statt. Allerdings ist ein blockbasierter Datenzugriff seit der wachsenden Verwendung von iSCSI-Diensten auch mittlerweile in vielen NAS-Servern möglich. Die Performance aller Dienste ist stark abhängig von der Belastung des gesamten Ethernets und beispielsweise schlechter als DAS oder SAN. Bei der Sicherheit des Network Attached Storages ist ein Nachteil zu konstatieren: Da die Daten über das gewöhnliche Ethernet übertragen werden, ist es möglich diese durch einen im Netzwerk befindlichen Rechner abzufangen.

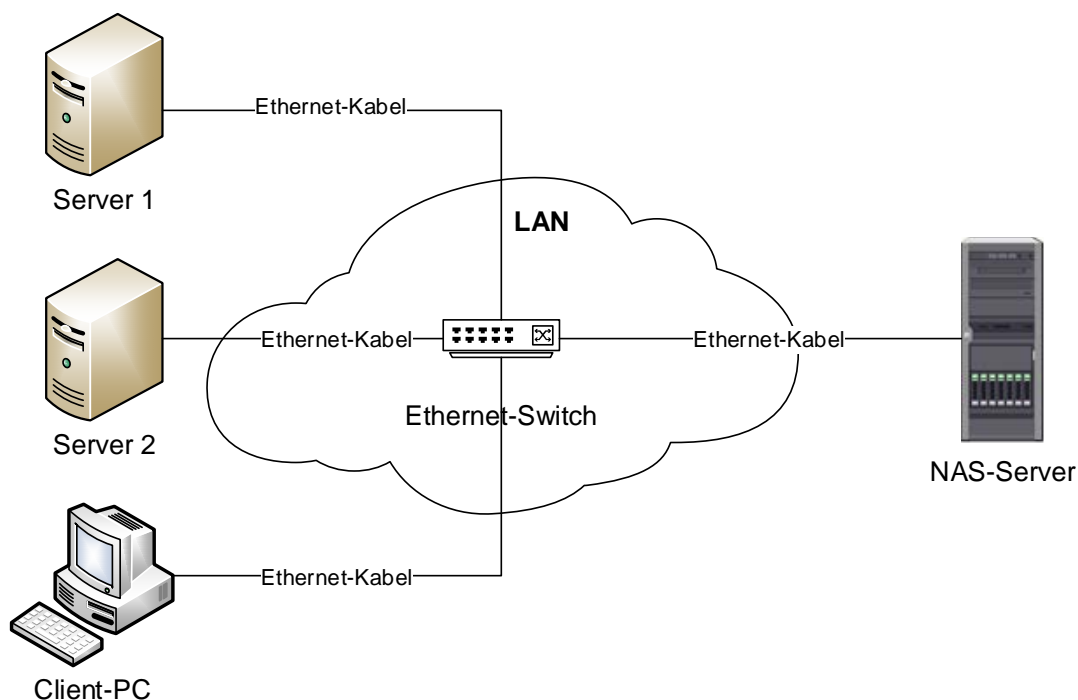


Abbildung 6: Speicher-Topologien – struktureller Aufbau von NAS

Tabelle 3: Speicher-Topologien – Pro und Kontra von NAS

Pro	Kontra
<ul style="list-style-type: none"> - leistungsfähige Festplatten und Caches ermöglichen die Nutzung für große Datenmengen - Konsolidierung von Dateidiensten - Serverunabhängiger Speicher 	<ul style="list-style-type: none"> - meist schlechtere Performance als DAS oder SAN - zusätzliche Belastung des Ethernets - Dateien können über das Ethernet abgefangen werden.

2.5.3 Storage Area Network

Ein Storage Area Network, oder kurz SAN genannt, ist ein separat zum Ethernet existierendes Speichernetzwerk, das zur Anbindung von z.B. Disksubsystemen oder Tape-Library an Server-Systeme dient. Dieses Speichernetzwerk wurde ausschließlich für die serielle und kontinuierliche Hochgeschwindigkeitsübertragung großer Datenmengen konzipiert, mit dem Ziel mehrere Server-Systeme mit mehreren Speicher-Systemen zu verbinden. Da ein SAN in der Regel separat zum Ethernet existiert, gibt es auch keinerlei Performance- oder Sicherheits-Probleme bei den übertragenen Daten, wie es beim NAS der Fall ist.

Der strukturelle Aufbau eines Storage Area Networks ist dem eines Local Area Networks identisch. Die Verbindung aller Komponenten erfolgt üblicherweise auf Fibre Channel Basis. Ein Fibre Channel Switch übernimmt die Verteilung aller Verbindungen und bestimmt somit die maximale Anzahl verfügbarer Geräte im Speichernetzwerk. Switches können zudem problemlos kaskadiert und das Netzwerk dadurch vergrößert werden. SAN kann jedoch auch auf der kostengünstigeren SAS-Basis aufbauen. Da allerdings keine SAS-Switches existieren, ist die maximale Anzahl aller Geräte bereits durch die Zahl verfügbarer Ports an den Komponenten geregelt und wird aus diesem Grund wesentlich geringer ausfallen.

Der konsolidierte Speicher eines SANs kann dynamisch jedem Server zugeordnet werden. Dadurch wird vor allem in größeren Netzwerken die Speicherverwaltung stark vereinfacht. Die blockbasierte Datenübertragung erfolgt meist mittels des SCSI-Kommunikationsprotokolls, welches dann auf das entsprechende Transportprotokoll z.B. FC-P aufsetzt.

Eine weitere günstige Alternative zum FC-SAN bietet das IP-SAN. Es ermöglicht die Vorteile eines Speichernetzwerks über bereits vorhandene Netzwerkstrukturen zu nutzen. Hierbei wird kein separates Netzwerk erstellt, sondern das vorhandene Ethernet mittels der iSCSI-Technik als IP-Speichernetz verwendet. Somit entfällt die Anschaffung teurer FC-Spezial-Hardware und komplizierter Konfigurationen. Nachteilig sind allerdings die erhöhte Belastung des Ethernets sowie ein hohes Sicherheits-Risiko bei der Datenübertragung über das LAN.

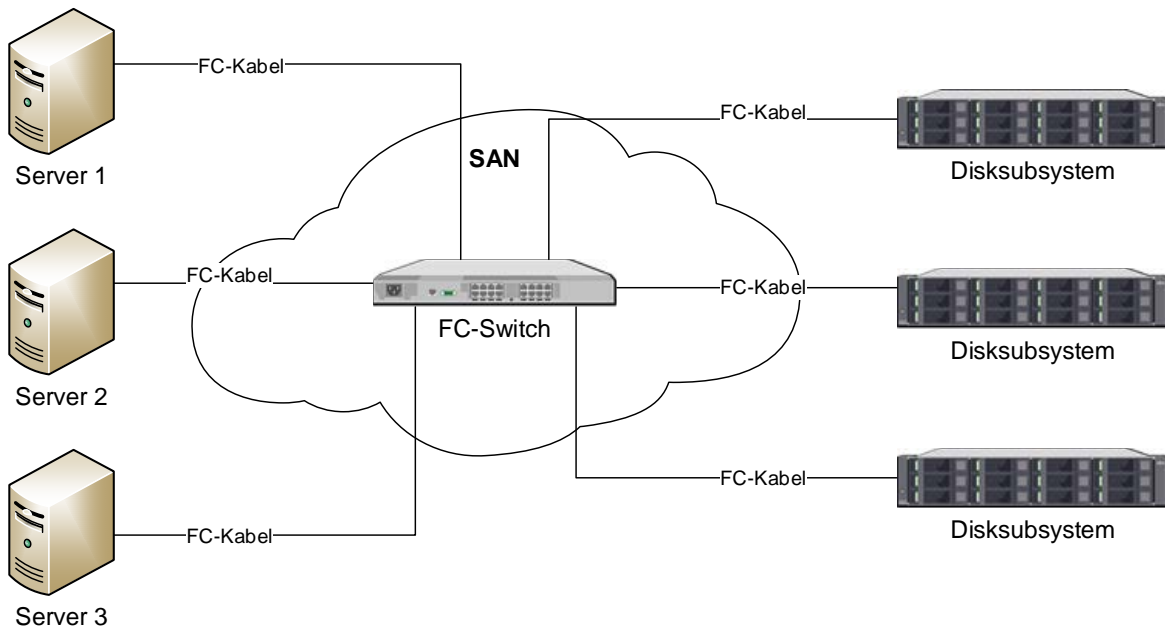


Abbildung 7: Speicher-Topologien – struktureller Aufbau von SAN

Tabelle 4: Speicher-Topologien – Pro und Kontra von SAN

Pro	Kontra
<ul style="list-style-type: none"> - keine zusätzliche Belastung des LANs aufgrund des separaten Speichernetzwerkes (außer IP-SAN) - bessere Verwaltung und Speichernutzung durch Speicherkonsolidierung - direkte Erreichbarkeit aller Komponenten im SAN untereinander 	<ul style="list-style-type: none"> - kostenintensiv - aufwendige Installation und Konfiguration

2.6 Tiered Storage

Speicher existiert in vielen verschiedenen Arten und Ausführungen. Schneller Speicher ist oft preisintensiv und besitzt wenig Speicherkapazität, wohingegen langsamer Speicher mehr Kapazität hat und weniger kostet. Nicht jede Datei benötigt einen permanent schnellen Zugriff. Somit ist es durchaus sinnvoll, wenig verwendete Dateien auf einen langsamen und oft benötigte Dateien auf einen schnellen Speicher zu verschieben. Dies wird durch ein abgestuftes Speichersystem erreicht.

Um Speicher auf diese Weise optimal und effektiv nutzen zu können gab es in der Vergangenheit zwei klassische Konzepte, das Hierarchical Storage Management (HSM) und das Information Lifecycle Management (ILM). Bei dem HSM-Verfahren ermittelt eine Software Daten, die über einen längeren Zeitraum nicht verwendet wurden und verschiebt diese auf einen günstigeren Speicher. ILM hingegen bezieht sich mehr auf den Dateinhalt selbst. Die Daten werden vom Entstehen bis hin zum Löschen oder ihrer Archivierung verwaltet. Ihnen wird anhand festgelegter Policies eine gewisse Wertigkeit zugeordnet und die ILM Software speichert diese anschließend auf einen kostengünstigen Speicher mit entsprechender Leistung.

Das aktuelle Verfahren Tiered Storage ist eine Kombination aus den beiden klassischen Verfahren HSM und ILM. Hierbei erhalten die Daten eine Wertigkeit die stetig überprüft und anhand ihrer derzeitigen Wichtigkeit und Verwendung aktualisiert wird. Anschließend werden die Daten entsprechend dieser Wertigkeit auf einem Speicher eines dafür vorgesehen Tiers verschoben, sodass diese immer auf einem kostengünstigen Speicher mit ausreichender Performance zu finden sind. Dies spart vor allen Dingen Kosten, da somit jeder Speicher optimal genutzt werden kann.

Der klassische Tiered Storage hat nur zwei Tiers (Tier 0: direkt angeschlossener Speicher, Tier 1: Backup auf einer Tape-Library). Heute werden meist fünf Tiers und mehr verwendet. Diese könnten beispielsweise wie folgt gegliedert sein:

- **Tier 0:** In-Memory-Computing (RAM)
- **Tier 1:** PCI-E Speicherkarten
- **Tier 2:** SSD-Festplatten
- **Tier 3:** 15k SAS-Festplatten
- **Tier 4:** 7.5k SATA-Festplatten
- **Tier 5:** Backup-to-Disk /Backup-to-Tape

3 Bewertungskriterien

Wie bei einer wissenschaftlichen Untersuchung üblich, erfolgt auch diese anhand gewisser Bewertungskriterien. Als Bewertungskriterien wurden einige kaufentscheidende Eigenschaften einer Storage verwendet, welche im Folgenden genannt und näher definiert werden. Auf die Gesamtbewertung betrachtet, sind alle Kriterien gleichgewichtig. Die Reihenfolge dieser gibt somit keinerlei Auskunft über eine Wertigkeit.

3.1 Auswahl der Bewertungskriterien

Die Bewertung beider Storagesysteme findet anhand folgender Kriterien statt:

- **Storage-Hardware**

Der Punkt Storage-Hardware beurteilt die Ausfallsicherheit einer Storage anhand der verbauten Hardware. Hauptaugenmerk wird dabei auf wichtige Hardware-Komponenten gelegt, welche zum fehlerfreien Betrieb der Storage notwendig sind und somit redundant ausgelegt sein sollten (z.B. Stromversorgung, Controller).

- **Konfigurationsaufwand**

Die Bewertung des Konfigurationsaufwandes bezieht sich auf die benötigte Zeit der Beispielkonfigurationen, welche in Kapitel vier näher beschrieben und erläutert werden. Dieser wird in zwei Teile untergliedert: Erstens den Konfigurationsaufwand für eine erste Konfiguration ohne Vorkenntnisse, welcher noch die Zeit des Wissenserwerbs enthält und somit wesentlich größer ist und zweitens den reinen Konfigurationsaufwand mit bereits vorhandenem Vorwissen.

- **Anschaffungskosten**

Die Anschaffungskosten umfassen neben den Materialkosten für die Hardware auch die Installations- bzw. Konfigurationskosten des Dienstleisters. Für diese Dienstleisterkosten wird ein pauschaler Stundenlohn in Höhe von 75€ zu Grunde gelegt. Die Konfigurationszeit der Storage ist eine Schätzung, in welcher Zeit eine Grundkonfiguration mit bereits allen nötigen Vorkenntnissen möglich sein sollte. Darin ist keinerlei Zeit für den Wissenserwerb enthalten, da diese dem Kunden

schließlich nicht in Rechnung gestellt werden kann. Das Bewertungskriterium „Anschaffungskosten“ stellt somit einen Näherungswert reeller Kosten dar.

- **Grafische Benutzeroberfläche**

Dieses Kriterium bewertet die Benutzerfreundlichkeit und den Informationsgehalt der grafischen Benutzeroberfläche (GUI) beider Storage-Lösungen. Hierbei werden vor allem die Übersichtlichkeit, der inhaltliche Aufbau der Menüpunkte sowie sämtliche Informationen um den System-Status bewertet. Außerdem ist die Menge aller Konfigurationsmöglichkeiten, die über das GUI vorgenommen werden können, von Interesse.

- **Garantie und Support**

Die Garantieübernahme und der Support einer Storage sind oftmals kaufentscheidende Kriterien. Es ist vor allem von Interesse, welchen Garantie- und Supportumfang eine Storage besitzt und auf welchen Wegen dieser in Anspruch genommen werden kann.

- **Quelloffenes OS oder APIs**

Das Kriterium „Quelloffenes OS oder APIs“ bewertet die individuelle Erweiterbarkeit des Betriebssystems der Storage. An dieser Stelle ist relevant, ob das verwendete Betriebssystem eigenhändig oder nur durch den Hersteller selbst angepasst und verändert werden kann und darf.

- **Skalierbarkeit des Speichers**

Die Bewertung der Skalierbarkeit des Speichers bezieht sich auf die Erweiterbarkeit der Storage. Sie umfasst die maximale Anzahl möglicher Festplatten, die Erweiterbarkeit um neue Festplatten sowie den Plattenaustausch im laufenden Betrieb.

- **Schutz vor Datenverlust**

Der Punkt „Schutz vor Datenverlust“ bewertet die Möglichkeiten einer Storage, die enthaltenen Daten vorbeugend vor Datenverlust zu schützen. Dabei sind heute vor allem Hot-Spare-Festplatten und die Überwachung der SMART Werte wichtige Mittel.

4 Konfiguration zweier Storage-Lösungen

Die Konfiguration zweier verschiedener Storage-Lösungen wird jeweils an einem Beispiel näher beschrieben und erläutert. Es handelt sich dabei um eine kommerzielle und eine Open-Source-Lösung. Die Konfigurationsbeispiele sind in beiden Fällen Teile von Kundenprojekten.

4.1 Konfiguration einer kommerziellen Storage

Für dieses Beispiel wird eine kommerzielle Storage der Firma Fujitsu – **ETERNUS DX60 S2** – verwendet.

4.1.1 Beschreibung der Zielstellung

Das Ziel dieser Konfiguration ist die Bereitstellung von Speicher durch eine ETERNUS DX60 S2 Storage für zwei ESXi-Hosts. Die Storage sollte als Direct Attached Storage – DAS - auf SAS-Basis mit den ESXi-Hosts verbunden werden.

Die ETERNUS DX60 S2 Storage wurde redundant ausgelegt, sie ist mit zwei voneinander unabhängigen Speicher-Controllern ausgestattet. Dies hat zur Folge, dass bei Defekt eines Controllers weiterhin ein Zugriff auf sämtliche Daten über den anderen Controller möglich ist. Beide ESXi-Hosts besitzen ebenso redundante Speicher-HBAs. Um die redundanten Controller optimal zu verwenden und dadurch die Verfügbarkeit der Daten zu erhöhen, sollten die Hosts „über Kreuz“ mit der Storage verbunden werden – jeder Host mit jeweils einem Port auf beide Controller der Storage. (siehe Abbildung 8)

Die Konfiguration der Storage sowie beider Hosts erfolgt über Ethernet.

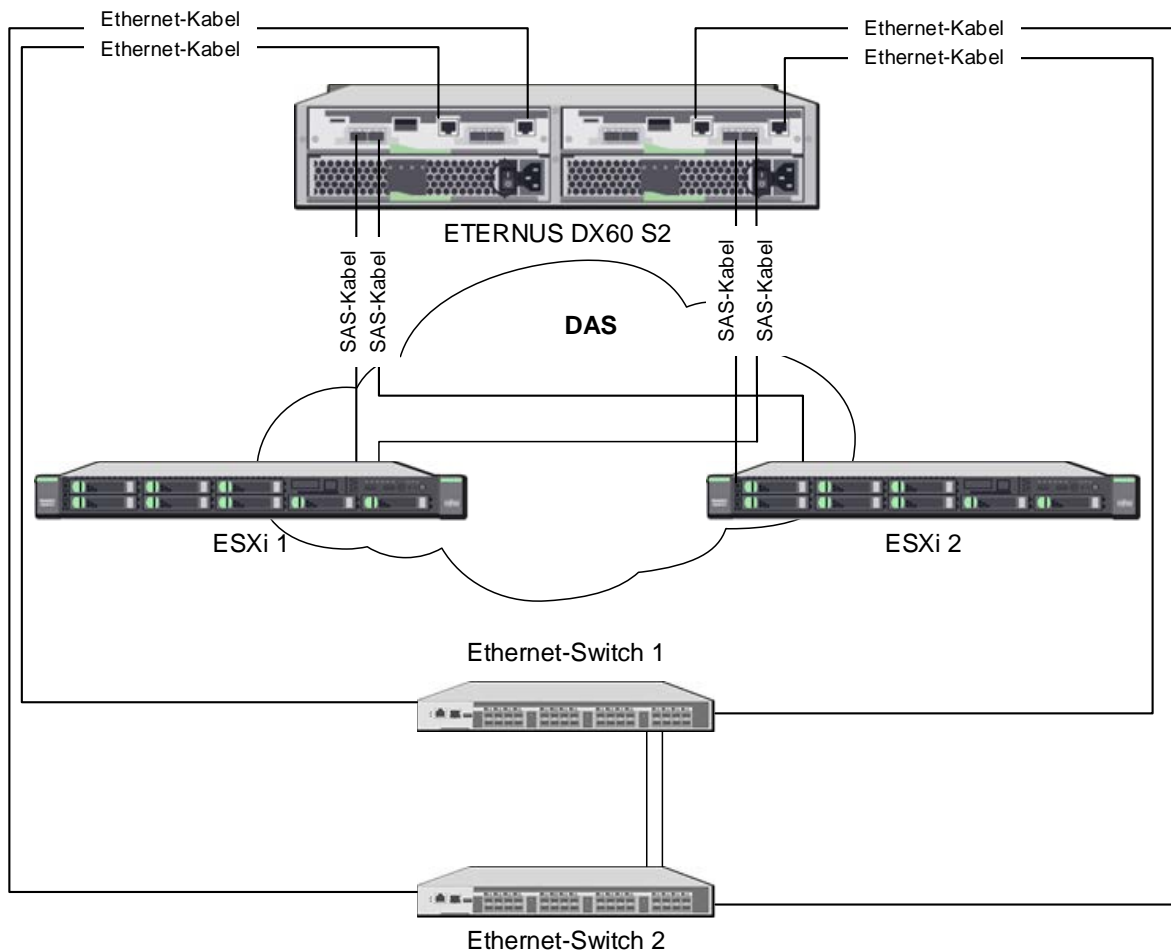


Abbildung 8: Konfiguration einer kommerziellen Storage - Zielstellung

4.1.2 Fujitsu ETERNUS DX60 S2

Die ETERNUS DX60 S2 ist ein intelligentes Disksubsystem der Firma Fujitsu, welches in verschiedenen Hardwareausstattungen bestellt werden kann. Die für dieses Beispiel verwendete DX60 S2 ist mit 8x 3.5" SAS-Festplatten ausgestattet. Davon sind 5x 300GB Festplatten mit 15k rpm und 3x 2TB Festplatten mit 7.2k rpm. Dieses Modell der DX60 S2 kann durch weitere vier Festplatten auf insgesamt 12 Festplatten erweitert werden.

Alle weiteren Hardware-Komponenten, wie z.B. SAS-Speicher-Controller, Netzteil und Speicher-Cache, sind redundant vorhanden. Der Speicher-Cache hat eine Größe von jeweils 1GB pro Controller. Als Betriebssystem verwendet die DX60 S2 ein herstellerspezifisches Betriebssystem von Fujitsu.

Weitere technische Details der ETERNUS DX60 S2 sind dem offiziellen Datenblatt zu entnehmen, Bilder der Front- und Rückansicht befinden sich im Anhang dieser Arbeit.²

4.1.3 Konfiguration der ETERNUS DX60 S2

Nachdem die Storage wie beschrieben (Kapitel 4.1.1) mit den ESXi-Hosts und dem Ethernet verbunden wurde, konnte mit der Konfiguration begonnen werden. Wie so häufig findet die Konfiguration über ein Webinterface statt, welches vorerst über die Standard-IP der Storage zu erreichen ist. Für die meisten Einstellungen genügt der Login als „root“ mit dem Standard-Passwort „root“. Der absolute Superuser bei einer Fujitsu Storage ist zu Beginn jedoch der User „f.ce“ mit einem Passwort, welches sich aus einem Checkcode (auf dem Gerät zu finden) und der Seriennummer der Storage zusammensetzt. Dieser User besitzt sämtliche Rechte, so ist es z.B. nur ihm möglich, die Storage herunterzufahren oder neu-zustarten.

Zu Beginn erfolgte eine Kontrolle auf Firmware-Aktualisierung, die sich auf dem neusten Stand befand. Unter dem Punkt „Global Settings – Network Settings“ wurde die IP-Konfiguration vorgenommen. Da auch die Netzwerk-Controller dieses Gerätes redundant sind, erhielt die Storage zwei IP-Adressen, eine für jedes Netzwerkinterface. Nach dem Bestätigen dieser Einstellungen musste ein erneuter Login durchgeführt werden, da die ETERNUS DX60 S2 nun über die soeben festgelegten IP-Adressen zu erreichen ist.

ETERNUS User: root Logoff Fujitsu

Normal Serial Number: 4311313 Date: 2013-06-20 12:11:30 Help

Status Easy Setup Volume Settings Global Settings Maintenance Diagnosis

User Management Network Settings Remote Support System Settings Host I/F Management

Setup Network Environment

Network environment for the storage system management interface ports are setup.

Select Network Port

☒ MNT ☐ RMT

Interface

Speed and Duplex	Auto Negotiation			
Master CM IP Address	192	168		
Slave CM IP Address	192	168		
Subnet Mask	255	255	255	0
Default Gateway	192	168		
Primary DNS	192	168		
Secondary DNS	0	0	0	0

http ☒ Enable ☐ Disable

https ☒ Enable ☐ Disable

telnet ☒ Enable ☐ Disable

SSH ☒ Enable ☐ Disable

Maintenance ☒ Enable ☐ Disable

Maintenance-Secure ☐ Enable ☒ Disable

ICMP ☒ Enable ☐ Disable

Allowed IP List

Clear Set

Abbildung 9: DX60 S2 - Konfiguration IP-Adresse

² http://www.fujitsu.com/downloads/STRSYS/system/dx60s2_datasheet.pdf

Die Grundeinstellungen wurden über den Konfigurationsassistenten „Initial Setup“ vorgenommen. Neben dem Ändern des Root-Passworts und dem Vergeben eines Namens für die Storage wird man in diesem Assistenten dazu aufgefordert, die aktuelle Uhrzeit sowie die Konfiguration der Zeitzone vorzunehmen. Um die Uhrzeit stetig aktuell zu halten, wurde die Verwendung eines NTP-Servers aktiviert und eine entsprechende IP-Adresse hierfür eingetragen. Da eine Zeitsynchronisation mittels NTP nur bei einer nicht allzu großen Zeitabweichung möglich ist, benötigt die Storage noch eine Konfiguration der Zeitschaltung von Sommer- und Winterzeit.

The screenshot shows the 'Initial Setup' screen of the ETERNUS Configuration Wizard. The 'Date/Time Information' section displays the current time as 2013-08-20 12:11:30. The 'Time Zone' is set to (GMT+01:00) Rome, Vienna, Berlin. The 'Daylight Saving Time' section is highlighted with a red box, showing 'Set' as ON and 'by day of the week' selected. The 'NTP Service' section shows 'NTP enabled' and the server IP as 192.168.1.1.

Abbildung 10: DX60 S2 - Konfiguration Datum/Uhrzeit

Anschließend wurde für beide SAS-Ports die „Host Affinity“-Funktion aktiviert. Diese dient dem Zugriffsschutz der einzelnen Volumes durch verschiedene Server. Sie definiert die Zugangseinschränkungen der HBAs der Server zu den Volumes der Storage. So besteht beispielsweise die Möglichkeit, dass nicht jeder Server jedes Volume der Storage „sehen“ und verwenden kann, sondern ausschließlich nur die für ihn freigegebenen.

The screenshot shows the 'Port Settings' screen of the ETERNUS Configuration Wizard. The 'Host Affinity' setting is highlighted with a red box and is set to 'Enable'. Other settings include 'Port' as CM#1 Port#0-1, 'Host Response' as 0:Default, 'Reset Scope' as L_T_L, and 'Release Reservation if Chip is Reset' as Disable.

Abbildung 11: DX60 S2 - Konfiguration SAS-Port

Die Konfiguration der Netzwerkeinstellungen wurde in diesem Assistenten übersprungen, da die IP-Konfiguration bereits vorher manuell erfolgte. An dieser Stelle ist das Initial Setup

der Storage erfolgreich abgeschlossen und es konnte mit der Konfiguration der RAID-Gruppen fortgefahren werden.

Im konkreten Fall war die DX60 S2 mit insgesamt acht SAS-Festplatten ausgestattet (siehe Kapitel 4.1.2) – 5 x 300GB und 3 x 2TB -, welche in zwei RAIDs aufgeteilt werden sollten:

- (1) RAID 5 mit 5 x 300GB
- (2) RAID 1 mit 2 x 2TB

Die letzte verbleibende 2 TB Festplatte sollte als „Global Hot-Spare“-Festplatte dienen.³

Die RAID-Konfiguration dieser Storage ist im Webinterface unter dem Punkt „*Volume Settings – RAID Group Management*“ zu finden. Bei der Erstellung eines RAIDs müssen die zu verwendenden Festplatten sowie das RAID-Level ausgewählt und ein Name für die RAID-Gruppe vergeben werden. Die Auswahl „Assigned CM“ legt den primären Pfad fest, über welchen Controller das RAID zu erreichen ist. Der Pfad über den anderen Controller befindet sich jedoch trotzdem im Stand-By, um bei einem Defekt des „primären“ Controllers sofort einzuspringen. Bei der Auswahl der Option „Automatic“ entscheidet die Storage selbst über die Wahl des primären Speichercontrollers. Diese Option wird auch hierbei verwendet.

The screenshot shows the 'Create RAID Group' interface. On the left, the 'New RAID Group' form has the following fields:

- RAID Group No.:** 0
- RAID Group Name:** R5_5x300 (with a note: (1 - 16 one-byte characters (except ',', '?', and leading '%')))
- RAID Level:** RAID5
- Assigned CM:** Automatic

On the right, the 'Controller Enclosure' diagram shows a 2x4 grid of disk slots. Each slot contains a checkbox and a circular icon with a blue 'i'. The first two rows are fully populated, while the last two rows are empty.

Abbildung 12: DX60 S2 – Erstellung eines RAIDs

³ Weiteres zu Hot-Spare- und Global-Hot-Spare-Festplatten siehe Kapitel 2.2.1.

Das Erstellen der Volumes ist unter dem Punkt „*Volume Settings – Volume Management – Create Volume*“ möglich. Da in diesem Fall jedes RAID jeweils ein eigenes Volume über die komplette Größe des RAID's ist, muss dieses nur ausgewählt sowie ein Name und die Kapazität des Volume (maximal Kapazität des RAID's) eingetragen werden.

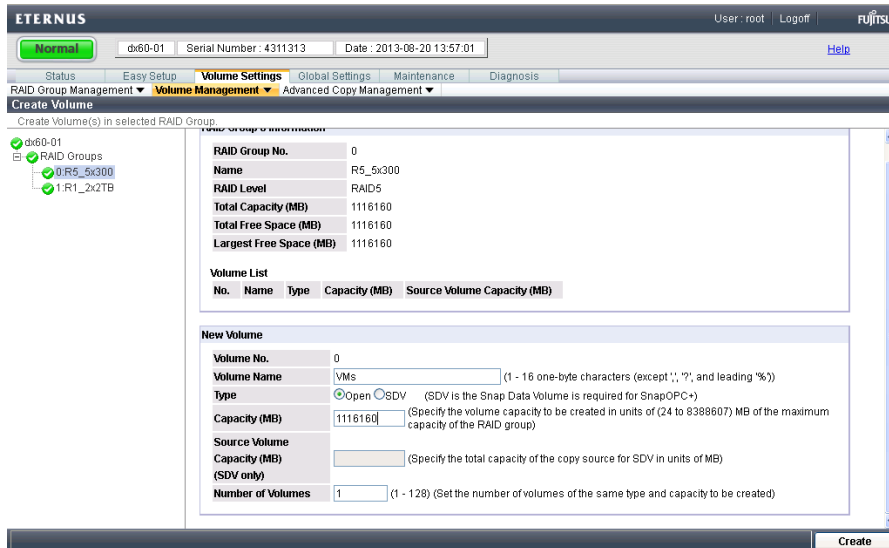


Abbildung 13: DX60 S2 - Erstellung eines Volume

Jedes Betriebssystem greift auf unterschiedliche Art und Weise auf eine Storage zu. Aus diesem Grund ist es nötig der Storage durch die Host Response mitzuteilen, welches Betriebssystem auf diese später zugreifen wird. Bei dieser Einstellung können mehrere verschiedene Profile erstellt und später dem entsprechenden Speicher-Port zugewiesen werden. Im konkreten Fall wurde ausschließlich das Default Profil bearbeitet und auf die Verwendung durch die angeschlossenen VMware ESXi-Hosts vorbereitet. Die ETERNUS DX60 S2 bietet an dieser Stelle für die gängigsten Betriebssysteme bereits vorgefertigte Profile an. Hierbei werden zahlreiche interne Parameter der Storage durch einen Klick auf das entsprechende Betriebssystem angepasst und verändert. Anschließend ist die Host Response fertig konfiguriert und kann später bei der Portauswahl zugewiesen werden.

ETERNUS

Normal dx60-01 Serial Number: 4311313 Date: 2013-08-20 13:44:11

Status Easy Setup Volume Settings **Global Settings** Maintenance Diagnosis

User Management Network Settings Remote Support System Settings **Host IF Management**

Setup Host Response

Set of tunable SCSI characteristics are defined as "Host Response" here which can be assigned to individual hosts or ports.

Notice

⚠ When this Host Response delete it used in the host and the port under operation, please release the Host Response beforehand.

Host Response List

No.	Name	Status
0	Default	Active

Add Edit Delete Delete All

Edit Host Response

Preset

Windows - msdsm Linux - devicemapper Solaris - MPxIO **VMware - ESX4** VMware - ESX3.5 Egnera - PAN manager

Setting parameters

Response No. 0

Response Name Default

Byte-0 of Inquiry Response ☒ No Conversion (Default) ☐ Custom

Inquiry VPD ID Type ☒ Type1 + Type3 (Default) ☐ Type1 ☐ Type3

Inquiry Standard Data Version ☒ Version 5 (Default) ☐ Version 4 ☐ Version 3

Command Timeout Interval ☒ Default (25sec) ☐ Customize 25 sec. (10 - 255)

OK Cancel

Abbildung 14: DX60 S2 – Konfiguration der Host Response

Im Anschluss erfolgte die Erstellung einer Affinity Group, in welche die beiden vorher erzeugten Volumes eingetragen wurden. Die Position, in welcher Zeile der Affinity Group ein Volume eingetragen wird, bestimmt die später dafür angezeigte LUN-ID. Da nur zwei Volumes existieren und diese von beiden angeschlossenen ESXi-Hosts gesehen und verwendet werden sollen, ist es ausreichend sie in einer Affinity Group zusammenzufassen.

ETERNUS

User: root | Logoff

Normal dx60-01 Serial Number: 4311313 Date: 2013-08-20 13:49:08

Status Easy Setup Volume Settings Global Settings Maintenance Diagnosis

RAID Group Management **Volume Management** Advanced Copy Management

Configure LUN Mapping

LUN Map defines mapping between Volumes and LUNs as seen from the host. It is possible to browse and set the configuration as well as detailed attributes.

LUN Mapping

- [-] Affinity Group
 - [+] New Group
 - [+] CM#0 Port#0-1
 - [+] CM#1 Port#0-1

Affinity Group Setting

No. 0

Name VM-Host (1 - 16 one-byte characters (except ',', '?', and leading '%'))

Number of LUN(s) 2

Define LUN Mapping

LUN	Volume No.	Volume Name	Capacity (MB)	Source Volume Capacity (MB)
0	0	VMs	1116160	-
1	1	Daten	1866240	-
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Specify Range Clear

Abbildung 15: DX60 S2 - Erstellung der Affinity Group

Im nächsten Schritt wurden die ESXi-Hosts in der Storage angemeldet bzw. registriert. Da die Hosts bereits angeschlossen sind, können diese direkt nach der Wahl des Speichercontrollers anhand ihrer SAS-Adresse ausgewählt werden. Sollte noch kein Host aufgelistet sein, ist es möglich, diese durch den Button <Discover> von der Storage suchen zu lassen. Der hier benötigte Name kann frei gewählt werden, da er ausschließlich als interner Name in der Storage verwendet wird. Als Host Response wird bereits das vorher bearbeitet Default-Profil vorgeschlagen und verwendet.

Dieser Vorgang wird für alle Controller der Storage sowie der Hosts wiederholt, sodass anschließend gesamt vier Einträge registriert sind – zwei Controller pro Host verteilt auf zwei Controller der Storage.

The screenshot shows the ETERNUS management interface. The top navigation bar includes 'Status', 'Easy Setup', 'Volume Settings', 'Global Settings', 'Maintenance', and 'Diagnosis'. The 'Host IF Management' tab is selected. Below the navigation bar, there is a 'Setup SAS Host' section. A notice states: 'If any information regarding active hosts is being modified or deleted please stop any access from the corresponding host servers.' Below this is a table titled 'Registered SAS Host List' with columns 'Name', 'SAS Address', and 'Host Response'. The table contains four entries: 0:Esx02, 1:Esx01, 2:Esx02_2, and 3:Esx01_2. Below the table are buttons for 'Add', 'Edit', 'Delete', and 'Delete All'. At the bottom, there is a form titled 'Add New SAS Host' with fields for 'SAS Port', 'SAS Address', 'Name', and 'Host Response', and buttons for 'Add' and 'Done'.

Name	SAS Address	Host Response
0:Esx02	500605B0060CA740	0:Default
1:Esx01	500605B0060CAC40	0:Default
2:Esx02_2	500605B0060CA741	0:Default
3:Esx01_2	500605B0060CAC41	0:Default

Add New SAS Host

SAS Port: CM#1 Port#0-1
SAS Address: 500605B0060CAC41 (16 characters)
Name: Esx01_2 (1 - 16 one-byte characters (except ',', '?', and leading '%'))
Host Response: 0:Default

Buttons: Add, Done

Abbildung 16: DX60 S2 – ESXi-Hosts an SAS-Ports registrieren

Zum Abschluss der Storage-Konfiguration bestand die Notwendigkeit, die erstellte Affinity Group den SAS-Hots zuzuweisen, was unter dem Punkt „Volume Settings – Volume Management – Configure LUN Mapping“ zu finden ist. Nach der Auswahl des entsprechenden Speichercontrollers kann die Affinity Group hinter den passenden SAS-Adressen der Hosts ausgewählt und diesen zugeordnet werden. Auch dieser Vorgang muss für beide Speichercontroller durchgeführt werden.

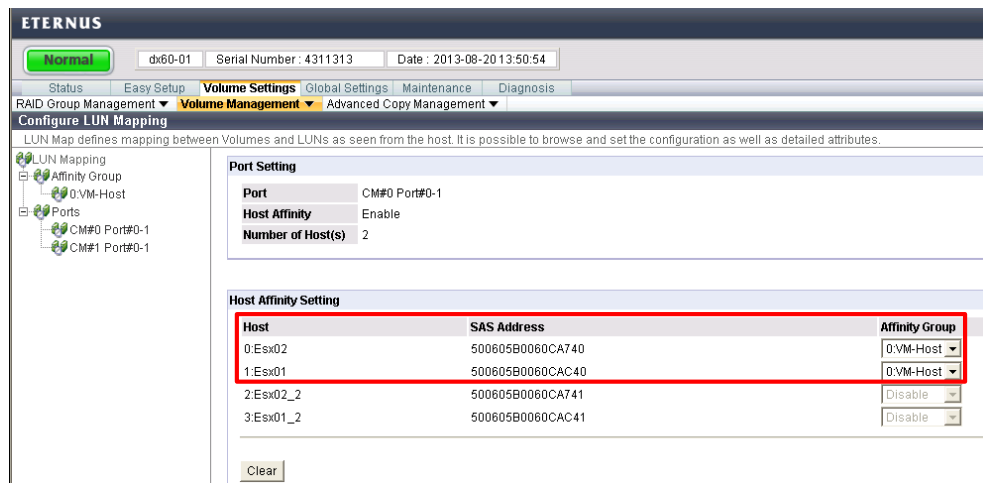


Abbildung 17: DX60 S2 - Zuweisung der Affinity Groups

Die Storage ETERNUS DX60 S2 ist nun erfolgreich konfiguriert. Alle weiteren Einstellungen werden fortan in den Hosts selbst vorgenommen. Beide ESXi erkennen ab sofort die erstellten Volumes als Speicher, welche nur noch als Festplatten „hinzugefügt“ werden müssen.

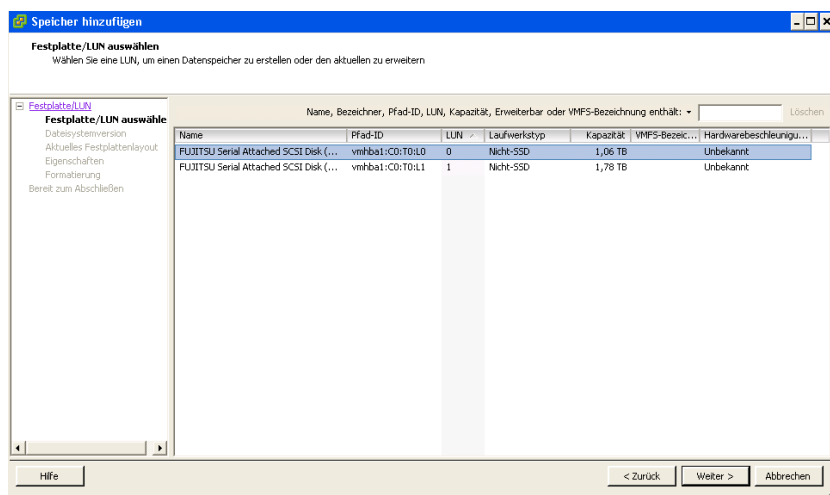


Abbildung 18: DX60 S2 – Volumes in ESXi-Host einbinden

Die folgenden Screenshots dienen zur Verdeutlichung der endgültigen Konfiguration der ESXi-Hosts mit den registrierten Volumes der Storage.

esx02.guenter.local VMware ESXi, 5.1.0, 1065491

Erste Schritte Übersicht Virtuelle Maschinen Ressourcenzuteilung Leistung Konfiguration Lokale Benutzer und Gruppen Ereignisse Berechtigungen

Zum Hinzufügen von Speicher klicken Sie hier, um einen Datenspeicher zu erstellen...

Hardware

- Systemstatus
- Prozessoren
- Arbeitsspeicher
- Speicher
- Netzwerk
- Speicheradapter
- Netzwerkadapter
- Erweiterte Einstellungen
- Energieverwaltung

Software

- Lizenzierte Funktionen
- Uhrzeitkonfiguration
- DNS und Routing
- Authentifizierungsdienste
- VM starten/herunterfahren
- Speicherort der VM-Auslagerungsdatei
- Sicherheitsprofil
- Host-Cache-Konfiguration
- Zuteilung von Systemressourcen
- Agent-VM-Einstellungen
- Erweiterte Einstellungen

Speicheradapter [Hinzufügen...](#) [Entfernen](#) [Aktualisieren](#) [Alle erneut prüfen...](#)

Gerät	Typ	WWN
Patsburg 6 Port SATA AHCI Controller		
vmhba0	SCSI blockieren	
vmhba33	SCSI blockieren	
vmhba34	SCSI blockieren	
vmhba35	SCSI blockieren	
vmhba36	SCSI blockieren	
vmhba37	SCSI blockieren	
LSI2008		
vmhba1	SCSI blockieren	

Details

vmhba1

Modell: LSI2008
Ziele: 2 Geräte: 2 Pfade: 4

Ansicht: Geräte Pfade

Name	Bezeichner	Laufzeitname	Betriebszustand	LUN	Typ	Laufwerktyp	Transport	Ka
FUJITSU Serial Attached SCSI Disk ...	naa.600000e...	vmhba1:C0:T0:L0	Gemountet	0	disk	Nicht-SSD	Blockadapter	
FUJITSU Serial Attached SCSI Disk ...	naa.600000e...	vmhba1:C0:T0:L1	Gemountet	1	disk	Nicht-SSD	Blockadapter	

Abbildung 19: DX60 S2 – ESXi Endkonfiguration Bild 1

esx02.guenter.local VMware ESXi, 5.1.0, 1065491

Erste Schritte Übersicht Virtuelle Maschinen Ressourcenzuteilung Leistung Konfiguration Lokale Benutzer und Gruppen Ereignisse Berechtigungen

Zum Hinzufügen von Speicher klicken Sie hier, um einen Datenspeicher zu erstellen...

Hardware

- Systemstatus
- Prozessoren
- Arbeitsspeicher
- Speicher
- Netzwerk
- Speicheradapter
- Netzwerkadapter
- Erweiterte Einstellungen
- Energieverwaltung

Software

- Lizenzierte Funktionen
- Uhrzeitkonfiguration
- DNS und Routing
- Authentifizierungsdienste
- VM starten/herunterfahren
- Speicherort der VM-Auslagerungsdatei
- Sicherheitsprofil
- Host-Cache-Konfiguration
- Zuteilung von Systemressourcen
- Agent-VM-Einstellungen
- Erweiterte Einstellungen

Speicheradapter [Hinzufügen...](#) [Entfernen](#) [Aktualisieren](#) [Alle erneut prüfen...](#)

Gerät	Typ	WWN
vmhba35	SCSI blockieren	
vmhba36	SCSI blockieren	
vmhba37	SCSI blockieren	
LSI2008		
vmhba1	SCSI blockieren	

Details

vmhba1

Modell: LSI2008
Ziele: 2 Geräte: 2 Pfade: 4

Ansicht: Geräte Pfade

Laufzeitname	Ziel	LUN	Status
vmhba1:C0:T1:L0		0	Aktiv
vmhba1:C0:T1:L1		1	Aktiv (E/A)
vmhba1:C0:T0:L0		0	Aktiv (E/A)
vmhba1:C0:T0:L1		1	Aktiv

Abbildung 20: DX60 S2 – ESXi Endkonfiguration Bild 2

esx02.guenter.local VMware ESXi, 5.1.0, 1065491

Erste Schritte Übersicht Virtuelle Maschinen Ressourcenzuteilung Leistung Konfiguration Lokale Benutzer und Gruppen Ereignisse Berechtigungen

Hardware

- Systemstatus
- Prozessoren
- Arbeitsspeicher
- Speicher
- Netzwerk
- Speicheradapter
- Netzwerkadapter
- Erweiterte Einstellungen
- Energieverwaltung

Software

- Lizenzierte Funktionen
- Uhrzeitkonfiguration
- DNS und Routing
- Authentifizierungsdienste
- VM starten/herunterfahren
- Speicherort der VM-Auslagerungsdatei
- Sicherheitsprofil
- Host-Cache-Konfiguration
- Zuteilung von Systemressourcen
- Agent-VM-Einstellungen
- Erweiterte Einstellungen

Ansicht: Datenspeicher Geräte

Datenspeicher [Aktualisieren](#) [Löschen](#) [Speicher hinzufügen...](#) [Alle erneut prüfen...](#)

Identifikation	Gerät	Laufwerkstyp	Kapazität	Frei	Typ	Letztes Update	Hardwarebeschle
Daten	FUJITSU Serial At...	Nicht-SSD	1,78 TB	1,78 TB	VMFS5	21.06.2013 16:26:04	Unbekannt
VMs	FUJITSU Serial At...	Nicht-SSD	1,06 TB	1,06 TB	VMFS5	21.06.2013 16:26:04	Unbekannt

Datenspeicherdetails [Eigenschaften...](#)

Abbildung 21: DX60 S2 – ESXi Endkonfiguration Bild 3

4.2 Konfiguration einer Open-Source-Lösung

Als vergleichendes Beispiel zur kommerziellen Storage-Lösung (Kapitel 4.1) sollte in einem weiteren Kundenprojekt eine Open-Source-Lösung realisiert werden. Für diese Storage wurde Standard-PC-Hardware sowie das Open-Source Betriebssystem „**Openfiler**“ in der Version 2.99 verwendet.

4.2.1 Beschreibung der Zielstellung

Ziel dieses Projektes ist die kostengünstige Realisierung einer Storage durch Standard-PC-Hardware mit dem Open-Source Betriebssystem Openfiler. Bei diesem Kundenprojekt bestand die Aufgabe, gesicherte Daten von Magnetbändern wieder im Netzwerk zur Verfügung zu stellen. Openfiler sollte dazu die Daten durch eine Tape-Library von den Magnetbändern erhalten, sie anschließend auf der internen Festplatte speichern und im Netzwerk bereitstellen. Die Verbindung zwischen der Tape-Library und Openfiler sollte auf Fibre Channel Basis erfolgen.

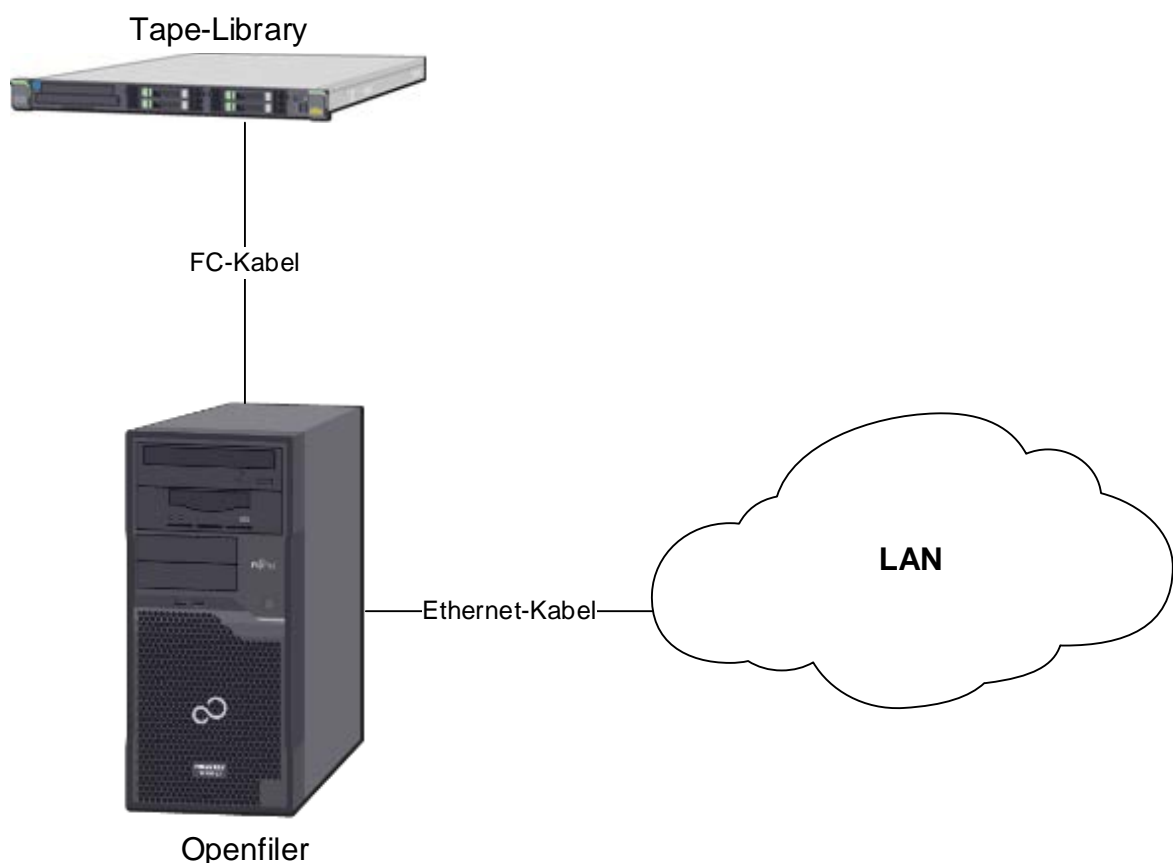


Abbildung 22: Konfiguration einer Open-Source-Lösung - Zielstellung

4.2.2 Systemanforderungen

Openfiler ist ein Linux-basierendes Open-Source Betriebssystem, das die Möglichkeit bietet, einen Computer mit einer Standard-Architektur als vollwertige Storage nutzen zu können. Wie jedes Betriebssystem stellt auch Openfiler gewisse Mindestsystemanforderungen an die verwendete Hardware. Die Installation kann auf einer physischen Hardware sowie auf einer virtuellen Hardware erfolgen. Aus diesem Grund befinden sich im Folgenden die Mindestsystemanforderungen für beide Varianten:

Tabelle 5: Openfiler – Mindestsystemanforderungen – physische Hardware

Komponente	Mindestsystemanforderungen
CPU	64-Bit, 1.6GHz
RAM	2 GB
Festplatten	10 GB (2GB SWAP, 8 GB OS) + separater Datenspeicher
Netzwerkschnittstellen	1GB Ethernet

Tabelle 6: Openfiler – Mindestsystemanforderungen – virtuelle Hardware

Komponente	Mindestsystemanforderungen
Hypervisor	64-Bit Hypervisor
RAM	2 GB
Festplatte	10 GB (2GB SWAP, 8 GB OS) + separater Datenspeicher
Schnittstellen	virtuelle Netzwerkschnittstelle sowie Treiber für diese Schnittstellen

4.2.3 Installation von Openfiler

Die Installations-CD von Openfiler steht kostenlos auf der offiziellen Webseite als ISO-File zum Download bereit.⁴ Die nachfolgenden Screenshots weichen von der tatsächlich verwendeten Hardware ab, da die Installation für diese Screenshots in einer virtuellen Umgebung nachempfunden wurde.

Zu Beginn der Installation erfolgt die Auswahl des Installations-Modus. Im konkreten Fall wurde der benutzerfreundliche „graphical mode“ verwendet, welcher eine komplette GUI und somit eine einfache Bedienung bietet.

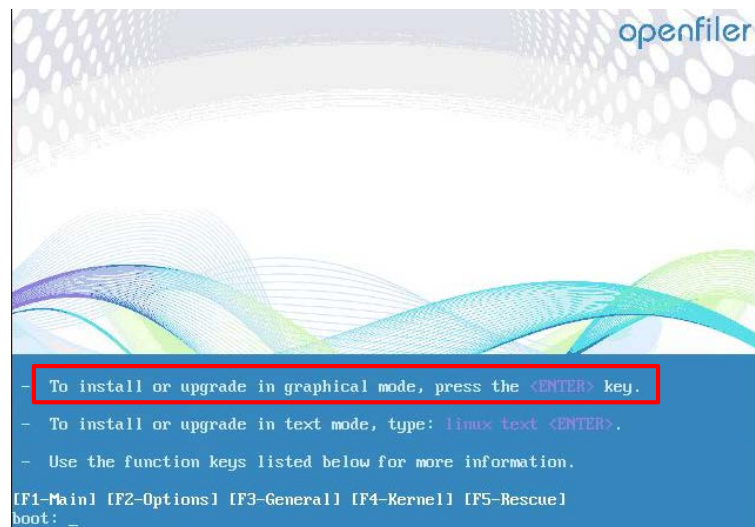


Abbildung 23: Installation Openfiler - Wahl des Installations-Modus

Der wichtigste Punkt der Installation ist die Partitionierung der Festplatten. In diesem Dialog sind die Auswahl der Festplatte, welche für die Installation verwendet werden soll, sowie die Auswahl der Boot-Festplatte, auf welche der MBR geschrieben wird von Bedeutung. Mit einem Klick auf den Button <+ Advanced storage configuration> ist es möglich, ein bereits vorhandenes iSCSI-Volume für die Installation hinzuzufügen. Abschließend wurde die Option „Review and modify partitioning layout“ aktiviert, um die Partitionierung vor der endgültigen Installation detailliert prüfen zu können.

Wie in dem nachfolgenden Screenshot (Abbildung 23) zu sehen ist, wurde die virtuelle Umgebung mit nur einer Festplatte nachempfunden. Bei der eigentlichen Projektumsetzung waren an dieser Stelle zwei Festplatten aufgeführt - eine einzelne physische Festplatte für das OS sowie eine weitere logische Festplatte für die Daten, die durch vier physische Festplatten im RAID-5-Verbund realisiert ist. Hierbei wurde die einzelne physische Festplatte für die Installation sowie für die Boot-Festplatte gewählt.

⁴ <http://www.openfiler.com/community/download>

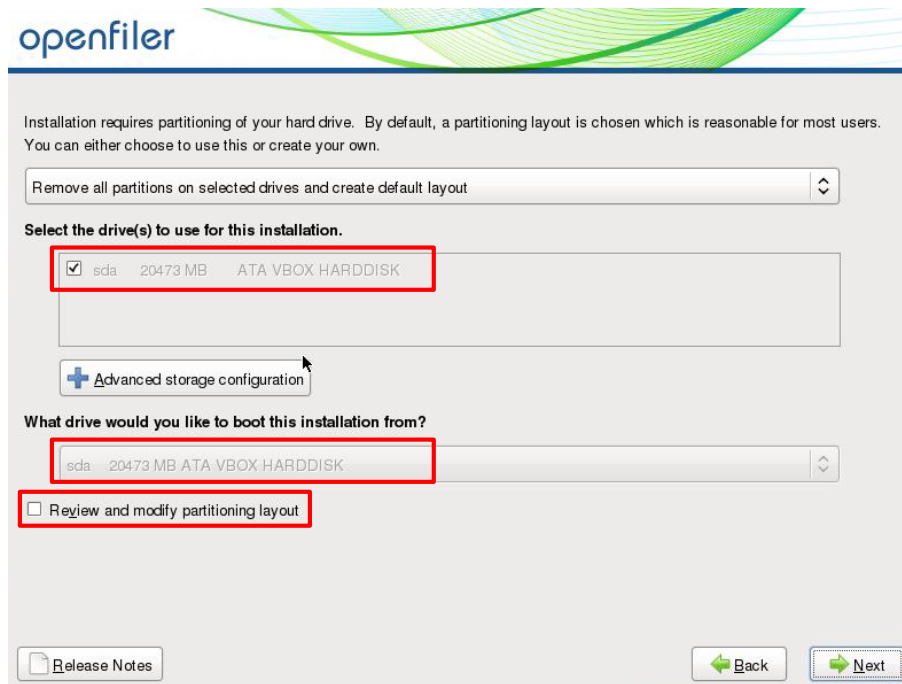


Abbildung 24: Installation Openfiler - Partitionierung der Festplatten

Bereits an dieser Stelle trat das erste Problem mit Openfiler auf. Anfänglich sollte das RAID über den Mainboard-internen Intel-RAID-Controller erstellt werden. Doch Openfiler stellte für diesen keinen Treiber bereit und „erkannte“ den Controller somit nicht, obwohl dieser auf der Liste der kompatiblen Hardware aufgeführt ist.⁵ Nach dem Test verschiedenster RAID-Controller fand sich ein Controller der Firma 3ware (9500S-4LP), der problemlos von Openfiler erkannt und verwendet wird, jedoch nicht auf der Liste der kompatiblen Hardware verzeichnet ist.

Die anschließenden beiden Dialoge bieten einen detaillierten Einblick in die Partitionierung der Festplatte sowie die Wahl des Bootloaders. Im konkreten Fall wurden alle Einstellungen ausschließlich auf ihre Richtigkeit kontrolliert und auf den voreingestellten Werten belassen.

⁵ <http://www.openfiler.com/products/hardware-compatibility>

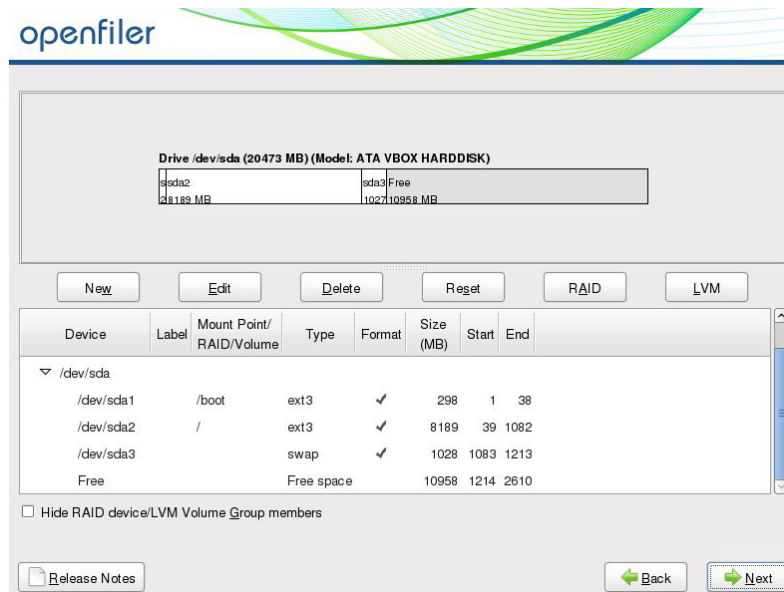


Abbildung 25: Installation Openfiler – erweitertes Partitionsmanagement Bild 1

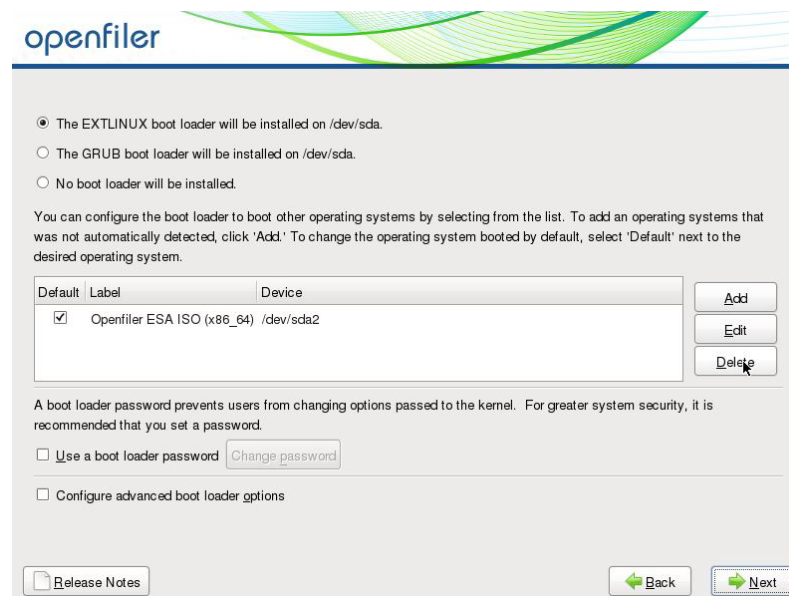


Abbildung 26: Installation Openfiler - erweitertes Partitionsmanagement Bild 2

Im letzten Schritt der Installation erfolgte die Konfiguration der Netzwerkschnittstellen, die Festlegung der vorherrschenden Zeitzone für eine korrekte Uhrzeit sowie die Vergabe eines Root-Passworts. Alle Netzwerkschnittstellen wurden lediglich aktiviert, weitere Einstellungen wurden auf „Automatisch per DHCP“ belassen.

Nach erfolgreicher Installation und einem Systemneustart startet Openfiler im Hauptbildschirm. Dieser stellt nach einer lokalen Anmeldung als „root“ mit dem bei der Installation vergebenen Root-Passwort eine Linux-Konsole für die Befehlseingabe bereit. Nun ist es beispielsweise möglich, über den Befehl „ifconfig“ die IP-Adressen der einzelnen Netzwerkschnittstellen des Openfilers anzeigen zu lassen. Nach vollendeter Installation sollte Openfiler auf den aktuellsten Stand gebracht werden. Dies ist durch die drei Befehle „update

conary“, „update all“ und „update openfiler“ möglich, welche genau in dieser Reihenfolge verwendet werden sollten.

```

  _/_  _/_/_  _/_/_  _/_  _/_  _/_  _/_  _/_/_  _/_
    _/
    _/

-----
Commercial Support: http://www.openfiler.com/support/
Administrator Guide: http://www.openfiler.com/buy/administrator-guide
Community Support: http://www.openfiler.com/community/forums/
Internet Relay Chat: server: irc.freenode.net channel: #openfiler
-----

(C) 2001-2011 Openfiler. All Rights Reserved.
Openfiler is licensed under the terms of the GNU GPL, version 2
http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0.html
-----

Welcome to Openfiler ESA, version 2.99.1
Web administration GUI: https://10.0.2.15:446/
localhost login: 
```

Abbildung 27: Installation Openfiler – Hauptbildschirm/Konsole

Die Konfiguration von Openfiler findet sehr benutzerfreundlich über ein Webinterface statt. Dennoch können sämtliche Einstellungen ebenso direkt über die Kommandozeile vorgenommen werden. Das Webinterface ist über „[https://IP-Adresse des Openfilers:446](https://IP-Adresse\des\Openfilers:446)“ zu erreichen, im konkreten Fall lautet die Adresse „<https://192.168.0.20:446>“.

An dieser Stelle ist jedoch keine Anmeldung mit den Root-Zugangsdaten möglich. Für das Webinterface existiert ein Standard-Benutzer mit dem Benutzernamen „openfiler“ und dem Passwort „password“.



Abbildung 28: Installation Openfiler – Login - Webinterface

Nach erfolgreicher Anmeldung bietet das Webinterface eine komplette Übersicht über den aktuellen Systemstatus sowie sämtliche Konfigurationsmöglichkeiten.

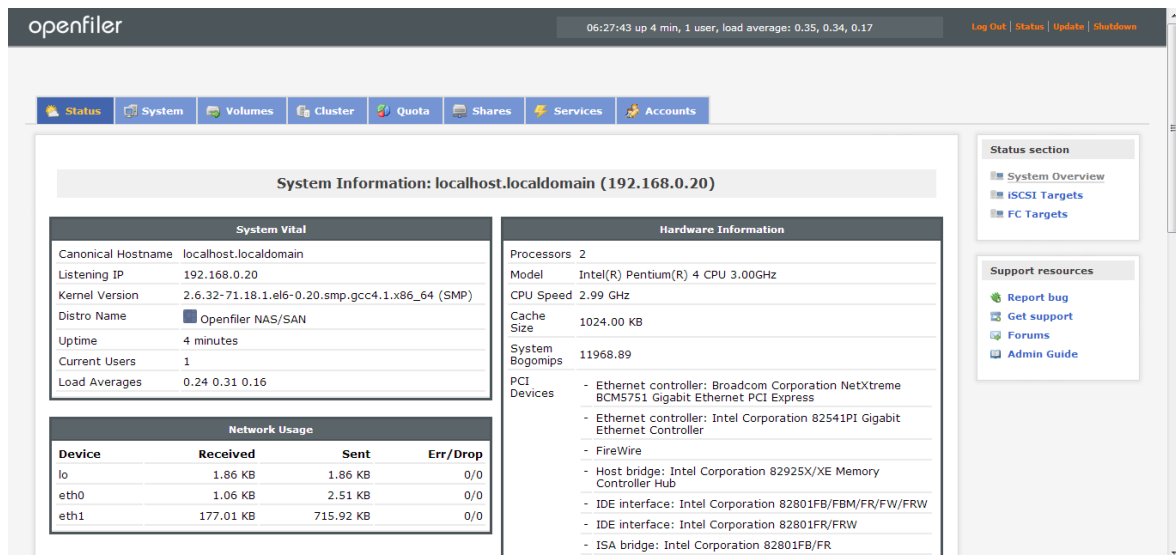


Abbildung 29: Installation Openfiler – Übersicht - Webinterface

4.2.4 Konfiguration von Openfiler als Fibre-Channel-Target

Wie bereits in Kapitel 4.2.1 beschrieben, sollte Openfiler als Fibre-Channel-Target konfiguriert werden. Die Konfiguration als FC-Target über das Webinterface ist jedoch ausschließlich durch den Kauf eines Plug-Ins für 1000 € möglich.⁶ Da Openfiler bereits mit der Installation alles bereitstellt und das Plug-In ausschließlich für die Darstellung und Konfiguration über das Webinterface verantwortlich ist, muss dies aus Kostengründen vorerst über die Kommandozeile erfolgen.

Nach Recherchen im Internet über die nötigen Konfigurationen und Befehle sollten alle Einstellungen anhand eines Tutorials durchgeführt werden.⁷ Bereits nach den ersten erfolgreichen Schritten traten jedoch Probleme auf. Openfiler benötigt einen herstellerspezifischen Treiber für die Erkennung und Verwendung des FC-HBAs. In dem genutzten Tutorial wurde ein QLogic FC-HBA verwendet und beschrieben, für die Projektrealisierung stand jedoch ein Brocade-HBA der 400er Serie zur Verfügung. Nach erneuten Recherchen und einigen erfolglosen Versuchen, den herstellerspezifischen Treiber des Brocade-HBAs in Openfiler zu integrieren, wurden über einen längeren Zeitraum mehrere Supportanfragen in entsprechende Foren an das Openfiler-Team sowie an die Openfiler-Community gestellt. Aus den erhaltenen Antworten war zu schließen, dass Openfiler den Brocade-HBA nicht verwenden kann und eine Einbindung des Treibers nicht ohne weiteres möglich ist.

⁶ https://store.openfiler.com/index.php/fc-target-plugin-15.html?___store=default

⁷ <http://www.tomlecluse.be/blog/20110619/openfiler-299-fiber-channel-setup>

Auf Grund dessen wurde für die weitere Realisierung ein QLogic qle2460 HBA erworben und wiederholt damit begonnen, Openfiler mit Hilfe des Tutorials als FC-Target zu konfigurieren. Jedoch gab es abermals Probleme bei der Verwendung des HBA-Treibers. Openfiler war erneut nicht in der Lage, den QLogic-HBA zu verwenden. Nach einiger Zeit konnte ein Treiber für diesen Host-Bus-Adapter in Openfiler integriert und die Konfiguration anhand des Tutorials komplett durchgeführt werden.

Bei anschließenden Tests mit einem FC-Initiator gelang es dennoch nicht, Openfiler als FC-Target zu verwenden. Die Konfiguration war somit nicht erfolgreich und das Projekt musste endgültig aus Zeit- und Kostengründen abgebrochen werden. Ob eine erfolgreiche Konfiguration durch das genannte FC-Plug-In möglich wäre, konnte an dieser Stelle nicht getestet werden.

4.2.5 Konfiguration von Openfiler als iSCSI-Target

Das geplante Openfiler-Projekt (Kapitel 4.2.4) konnte nicht erfolgreich zum Abschluss gebracht werden. Um dennoch eine Untersuchung dieser Open-Source-Variante im Vergleich zu einer kommerziellen Lösung durchzuführen, wurde Openfiler zu Versuchszwecken als iSCSI-Target konfiguriert und getestet. Für diesen Versuchsaufbau wurde ein RAID 1 mit 2x 1TB Festplatten für die Daten verwendet. Als RAID-Controller fungierte erneut der bereits bewährte Controller der Firma 3ware (9500S-4LP). Als Hilfe bei der Konfiguration dienten verschiedene Abschnitte eines Tutorials aus dem Internet.⁸ Die einzelnen Konfigurationsschritte in Openfiler werden im Folgenden näher betrachtet und erläutert.

Nach der erfolgreichen Installation (Kapitel 4.2.3) von Openfiler konnte über die IP-Adresse auf das Webinterface zugegriffen werden. Bevor mit der eigentlichen iSCSI-Konfiguration begonnen werden konnte, benötigte Openfiler Speicherplatz, welchen er später bereitstellen soll. Speicher wird in Openfiler in drei Teile gegliedert:

- **Physical Volume** – Eine logische Partition einer physischen Festplatte.
- **Volume Group** – Fasst eine bestimmte Auswahl an Physical Volumes zu einer Gruppe zusammen.
- **Logical Volume (LUN)** – Logisches Laufwerk einer Volume Group, welches für die Nutzung durch angeschlossene Endgeräte zur Verfügung steht.

⁸ <http://www.michaelriccioni.com/how-to-configure-openfiler-v2-99-iscsi-storage-with-vmware-esxi-4-1/>

Zu Beginn muss ein neues Physical Volume für die iSCSI-Nutzung erstellt werden. Dazu sind unter dem Punkt „Volumes – Block Devices“ alle angeschlossenen physischen Festplatten aufgeführt. Am Feld „Description“ ist zu erkennen, dass es sich bei dem Eintrag „AMCC 9500S-4LP DISK“ um den RAID-Controller und somit um die beiden Festplatten im RAID-Verbund handelt. Dieser RAID-Verbund ist für die iSCSI-Daten vorgesehen. Das Physical Volume kann in diesem Fall im Feld „Edit Disk“ unter dem Punkt „/dev/sdb“ erstellt werden.



Abbildung 30: Openfiler als iSCSI-Target – Block Devices

Zu diesem Zeitpunkt befinden sich noch keine Partitionen auf der Festplatte, welche somit zu 100% als leer angezeigt wird. Bei der Erstellung des neuen Physical Volumes ist darauf zu achten, dass der Mode „Primary“ und der Partition Type „Physical Volume“ ist. Die Größe der Partition wird bei Openfiler in Festplatten-Zylindern angegeben. Da die komplette Festplatte als Datenspeicher genutzt werden soll und der erste und letzte Zylinder bereits als Standard-Wert eingetragen sind, wird mit <Create> das Physical Volume erstellt.

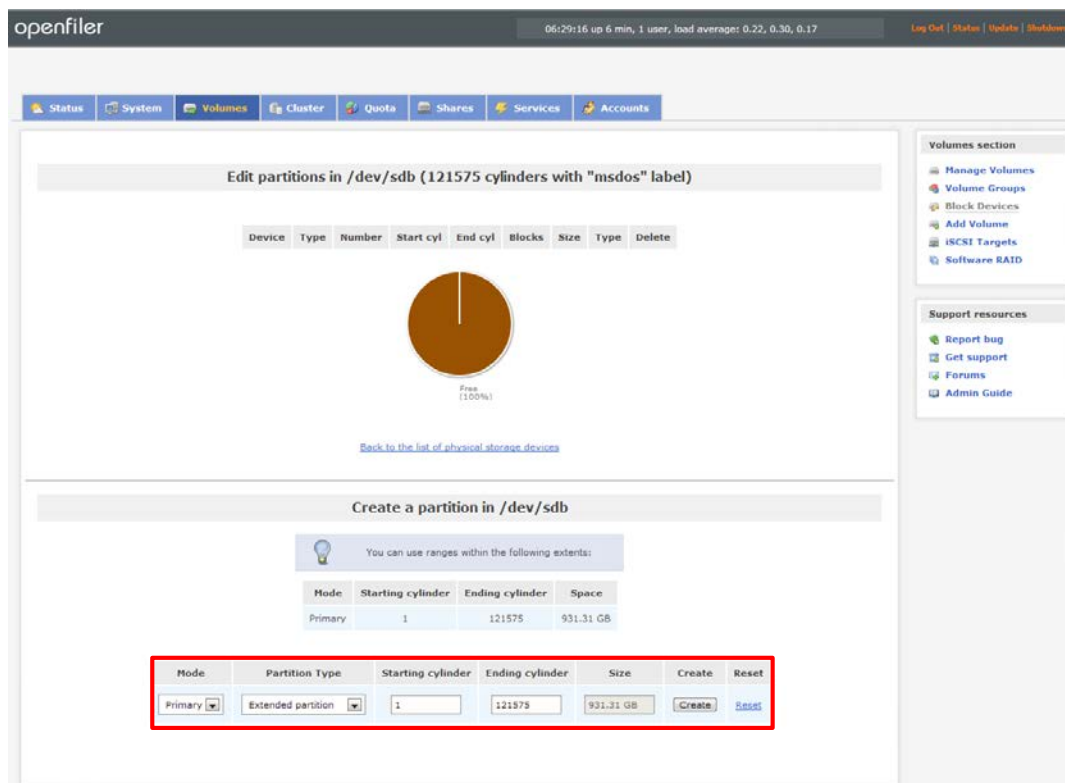


Abbildung 31: Openfiler als iSCSI-Target – Erstellung des Physical Volumes

An dieser Stelle ist jedoch ein Bug bei der Angabe des Start- und Endzylinders zu finden. Openfiler kann das Physical Volume nie über die komplette Festplatte erstellen, ein gewisser Prozentsatz der gesamten Platte bleibt somit ständig ungenutzt. Durch eine Anfrage beim Support stellte sich heraus, dass dieses Problem schon länger bekannt ist, jedoch noch nicht behoben wurde.

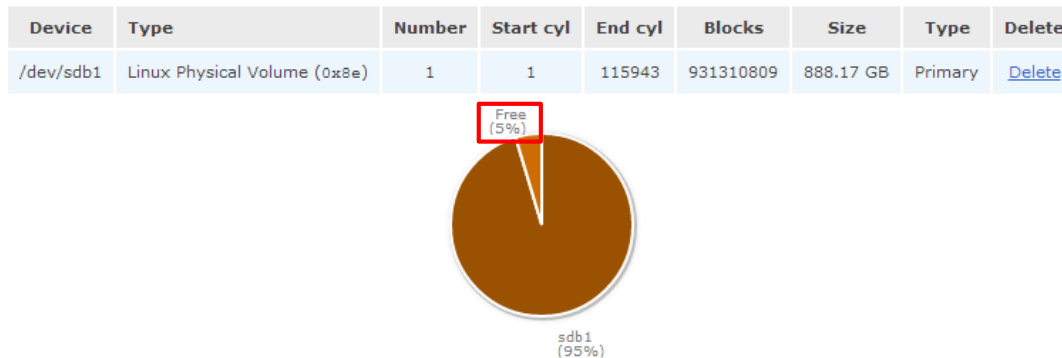


Abbildung 32: Openfiler als iSCSI-Target – Bug bei Erstellung des Physical Volumes

Nach der Erstellung des Physical Volumes kann eine Volume Group erzeugt werden. Dies ist unter dem Punkt „Volumes – Volume Groups“ möglich. Hierbei muss nur ein Name für die Volume Group vergeben sowie die Physical Volumes ausgewählt werden, welche diese Volume Group umfassen soll. Im konkreten Fall ist nur das einzige, soeben erstellte Physical Volume auswählbar. Mit <Add volume group> wird die Erstellung abgeschlossen.

Create a new volume group

Valid characters for volume group name: A-Z a-z 0-9 _ + -

Volume group name (no spaces)


Select physical volumes to add

<input checked="" type="checkbox"/>	/dev/sdb1	888.17 GB
-------------------------------------	-----------	-----------

Abbildung 33: Openfiler als iSCSI-Target – Erstellung der Volume Group

Anschließend ist es möglich ein Logical Volume unter dem Punkt „Add Volume“ zu erstellen. Zu Beginn sollte die richtige Volume Group gewählt werden. In diesem Fall existiert nur die soeben erstellte Volume Group, welche somit bereits korrekt vorausgewählt wurde. Außerdem ist bei der Erstellung des Logical Volumes darauf zu achten, dass für die Verwendung als iSCSI-Target das Filesystem „block (iSCSI, FC, etc)“ ausgewählt ist. Der Name und die Beschreibung können frei vergeben werden. Da die gesamte Festplatte als iSCSI-Target verwendet werden soll, wurde für die Größe das Maximum ausgewählt. Durch einen anschließenden Klick auf den <Create>-Button wird das Volume endgültig erstellt und angelegt.


Select Volume Group

 Please select a volume group to create a volume in.

volgrp ▾ Change

Block storage statistics for volume group "volgrp"

Total Space	Used Space	Free Space
931299328 bytes (909472 MB)	0 bytes (0 MB)	931299328 bytes (909472 MB)



Free
(100%)

Create a volume in "volgrp"

Volume Name (*no spaces*. Valid characters [a-z,A-Z,0-9]):

Volume Description:

Required Space (MB):

Filesystem / Volume type:

vol1

data

909472

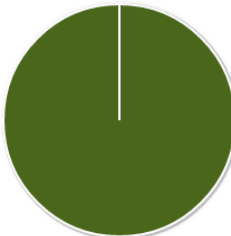
block (iSCSI,FC,etc) ▾

Create

Abbildung 34: Openfiler als iSCSI-Target – Erstellung des Logical Volumes

Nachdem die Speicherkonfiguration erfolgreich durchgeführt und das Logical Volume erstellt wurde, kann nun mit der eigentlichen iSCSI-Konfiguration begonnen werden.

Volumes in volume group "volgrp" (909472 MB)



vol1
(100%)

Volume name	Volume description	Volume size	File system type	File system size	FS used space	FS free space	Delete	Properties	Snapshots
vol1	data	909472 MB	iSCSI	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Delete	Edit	Create

0 MB allocated to snapshots

0 MB of free space left

Abbildung 35: Openfiler als iSCSI-Target – Logical Volume erfolgreich erstellt

Um mit der iSCSI-Konfiguration beginnen zu können, muss der dazugehörige Service (iSCSI-Target) unter dem Punkt „Services“ gestartet werden. Hierbei wurde der Boot-Status ebenfalls aktiviert, sodass der Service bei einem Neustart von Openfiler automatisch gestartet und ausgeführt wird.

Service	Boot Status	Modify Boot	Current Status	Start / Stop
CIFS Server	Disabled	Enable	Stopped	Start
NFS Server	Disabled	Enable	Stopped	Start
RSync Server	Disabled	Enable	Stopped	Start
HTTP/Dav Server	Disabled	Enable	Running	Stop
LDAP Container	Disabled	Enable	Stopped	Start
FTP Server	Disabled	Enable	Stopped	Start
iSCSI Target	Enabled	Disable	Running	Stop
UPS Manager	Disabled	Enable	Stopped	Start
UPS Monitor	Disabled	Enable	Stopped	Start
iSCSI Initiator	Disabled	Enable	Stopped	Start
ACPI Daemon	Enabled	Disable	Running	Stop
SCST Target	Disabled	Enable	Stopped	Start
FC Target	Disabled	Enable	Stopped	Start
Cluster Manager	Disabled	Enable	Stopped	Start

Abbildung 36: Openfiler als iSCSI-Target – starten des iSCSI-Target-Services

Alle weiteren Konfigurationen von iSCSI sind anschließend unter dem Punkt „Volumes – iSCSI-Targets“ zu finden. An dieser Stelle ist es notwendig einen iSCSI qualified name (IQN) zu vergeben, anhand dessen das iSCSI-Target im Netzwerk eindeutig identifiziert werden kann. Der Aufbau dieses Namens ist durch das Dokument „RFC 3720“ eindeutig festgelegt.⁹ Diesbezüglich wurde der von Openfiler vorgeschlagene Name unverändert verwendet.

Target Configuration
LUN Mapping
Network ACL
CHAP Authentication

Add new iSCSI Target

Target IQN

Add

iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.775a637b2ba:

Add

Abbildung 37: Openfiler als iSCSI-Target – Vergabe IQN

Nun ist es möglich, das vorher erstellte Logical Volume mit der Target-IQN zu verbinden. Dies geschieht durch das sogenannte LUN Mapping. Da im konkreten Fall nur eine IQN

⁹ <http://www.ietf.org/rfc/rfc3720.txt>

sowie ein Logical Volume existiert, liefert Openfiler bereits die korrekten Einstellungen. Somit sind an dieser Stelle keine weiteren Einstellungen nötig und die LUN kann sofort an die erstellte IQN gemappt werden.

Name	LUN Path	R/W Mode	SCSI Serial No.	SCSI Id.	Transfer Mode	Map LUN
data	/dev/volgrp/vol1	write-thru	xeCYH2-vnjB-UF1v	xeCYH2-vnjB-UF1v	blockio	Map

Abbildung 38: Openfiler als iSCSI-Target – LUN Mapping

Im letzten Schritt der iSCSI-Konfiguration von Openfiler gilt es festzulegen, welche Computer bzw. über welche IP-Adressen auf das iSCSI-Target zugegriffen werden darf. Dazu müssen zuerst die erlaubten IP-Adressen mit Zugriff auf Openfiler selbst unter dem Punkt „System“ in der „Network Access Configuration“ festgelegt werden. Hier ist es möglich, einen einzelnen Host einzutragen, oder aber einem gesamten Netzwerk den Zugriff zu gewähren. Dies wird erreicht durch Eintragen der IP-Adresse des Hosts oder einer Netzwerkadresse jeweils mit der dazugehörigen Netzmaske. Der Name dieser Freigabe wird ausschließlich Openfiler-intern zur besseren Identifizierung der Freigabe verwendet und kann frei gewählt werden. Um der eingetragenen IP-Adresse denn Zugriff zu ermöglichen sollte für den Type „Share“ gewählt werden. Mit dem Type „Block“ könnten z.B. einzelne Hosts eines Netzwerks explizit geblockt werden.

Diese Einstellung ist mit besonderer Vorsicht vorzunehmen! Bei falscher Konfiguration kann Openfiler komplett von allen IP-Adressen abgeschottet werden, sodass keinerlei Konfiguration über das Webinterface mehr möglich ist. Openfiler könnte dann ohne Neuinstallation nur noch über die Kommandozeile konfiguriert werden.

Delete	Name	Network/Host	Netmask	Type
<input type="checkbox"/>	iSCSI	192.168.0.0	255.255.255.0	Share

New

Update

Abbildung 39: Openfiler als iSCSI-Target – Network Access Configuration

Unter dem Punkt „Volumes – iSCSI Targets – Network ACL“ ist es nun möglich, den iSCSI-Target-Service für dieses Netzwerk erreichbar zu machen. Dazu genügt es im Feld Access des entsprechenden Netzwerkeintrags den Wert „Allow“ auszuwählen und die Änderung

mit <Update> zu bestätigen. Mit diesen Konfigurationen ist es jetzt möglich, Openfiler als iSCSI-Target zu verwenden.

Target Configuration LUN Mapping Network ACL CHAP Authentication

iSCSI host access configuration for target "iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.775a637b2ba3"

Name	Network/Host	Netmask	Access
iSCSI	192.168.0.0	255.255.255.0	Allow

Update

Abbildung 40: Openfiler als iSCSI-Target – Network ACL

Unter z.B. Microsoft Windows 7 gelingt es in kürzester Zeit ein iSCSI-Target hinzuzufügen. Windows 7 besitzt bereits ab der Installation einen iSCSI-Initiator das Gegenstück zum Target. Ist der Initiator geöffnet, genügt es, die IP-Adresse des Openfilers als Ziel unter „Schnell verbinden“ einzutragen und dies mit einem Klick auf <Schnell verbinden...> zu bestätigen. Anschließend öffnet sich ein Dialogfenster, welches alle gefundenen iSCSI-Targets auflistet. Mit einem Klick auf <Verbinden> wird die Verbindung zum iSCSI-Target hergestellt. Die Verbindung wird nun auch in Openfiler unter dem Punkt „Status – iSCSI-Targets“ angezeigt.

Nachdem das iSCSI-Target ordnungsgemäß mit dem Windows-iSCSI-Initiator verbunden ist, muss das neue Laufwerk in der Datenträgerverwaltung noch initialisiert werden. Openfiler wurde erfolgreich als iSCSI-Target konfiguriert und mit einem Windows 7 Testrechner verbunden. Das Laufwerk ist nun im Arbeitsplatz unter allen angeschlossenen Festplatten zu finden und kann auf bekannte Art und Weise genutzt werden. Zur Verdeutlichung der endgültigen Konfiguration befinden sich im Nachfolgenden noch Screenshots aus Openfiler sowie Windows 7.

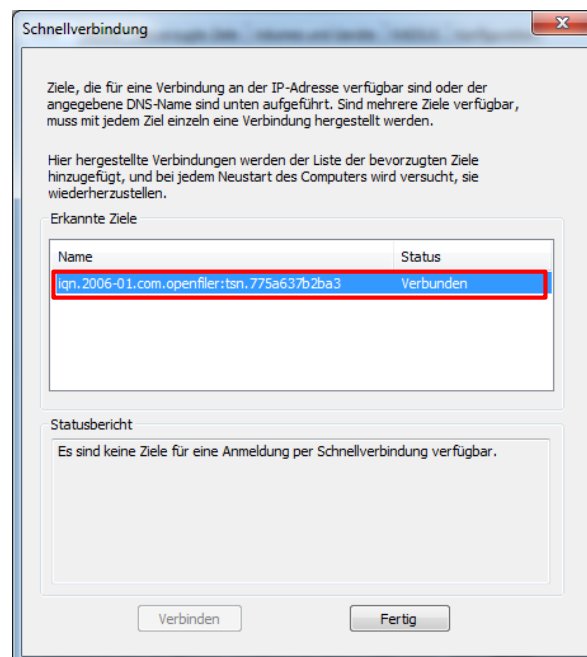


Abbildung 41: Openfiler als iSCSI-Target - Endkonfiguration Bild 1

iSCSI status

Open sessions for iSCSI target `iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.775a637b2ba3`

Identifier	Initiator Name	Connections
281475899523136	iqn.1991-05.com.microsoft:adminbook	View

© 2001 - 2011 Openfiler. All rights reserved
[Home](#) · [Documentation](#) · [Support](#) · [Website](#) · [License](#)

Connections in session 281475899523136 of iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.775a637b2ba3

Id	IP address	State
1	192.168.0.30	active

[Close Window](#)

Abbildung 42: Openfiler als iSCSI-Target – Endkonfiguration Bild 2

Computerverwaltung (Lokal)

Volume	Layout	Typ	Dateisystem	Status	Kapazität	Freier Speicher	% frei	Fehlertoleranz
Daten (D:)	Einfach	Basis	NTFS	Fehlerfrei (Primäre Partition)	498,63 GB	493,26 GB	99 %	Nein
System (C:)	Einfach	Basis	NTFS	Fehlerfrei (Startpartition, Auslagerungsdatei, Absturzabbild, Primäre Partition)	199,90 GB	157,80 GB	79 %	Nein
System-reserviert	Einfach	Basis	NTFS	Fehlerfrei (System, Aktiv, Primäre Partition)	100 MB	72 MB	72 %	Nein

CD 0
DVD (E:)
Kein Medium

Datenträger 0
Basis
698,64 GB
Online

System-reserviert	System (C:)	Daten (D:)
100 MB NTFS Fehlerfrei (System, Aktiv)	199,90 GB NTFS Fehlerfrei (Startpartition, Auslagerungsdatei, Absturzabbild, Primäre Partition)	498,63 GB NTFS Fehlerfrei (Primäre Partition)

Datenträger 1
Unbekannt
888,16 GB
Nicht initialisiert

Abbildung 43: Openfiler als iSCSI-Target – Endkonfiguration Bild 3

Datenträgerinitialisierung

Sie müssen einen Datenträger initialisieren, damit LDM darauf zugreifen kann.

Datenträger auswählen:

☒ Datenträger 1

Den folgenden Partitionsstil für die ausgewählten Datenträger verwenden:

☒ MBR (Master Boot Record)
☐ GPT (GUID-Partitionstabelle)

Hinweis: Der GPT-Partitionsstil wird nicht von allen vorherigen Versionen von Windows erkannt. Er wird empfohlen für Datenträger mit mehr als 2 TB Speicherkapazität oder für Datenträger, die auf Itanium-basierten Computern verwendet werden.

[OK](#) [Abbrechen](#)

Abbildung 44: Openfiler als iSCSI-Target – Endkonfiguration Bild 4

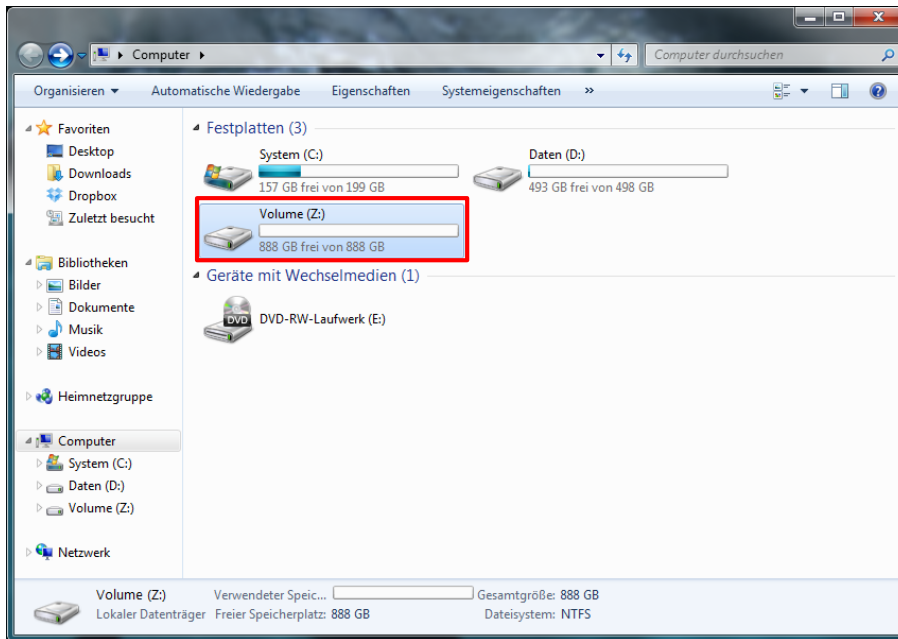


Abbildung 45: Openfiler als iSCSI-Target – Endkonfiguration Bild 5

5 Bewertung beider Storage-Lösungen

5.1 Bewertung anhand ausgewählter Kriterien

- **Storage-Hardware**

Die ETERNUS DX60 S2 ist mit professioneller Storage-Hardware ausgestattet, welche für den Dauerbetrieb konzipiert ist. Ebenso sind in dem Beispielsystem dieser Storage alle systemkritischen Komponenten redundant ausgelegt. Ein Ausfall eines Speichercontrollers könnte somit über den zweiten Controller problemlos abgefangen werden. Nutzer würden dies maximal an einer schlechteren Performance spüren, nicht aber an der Verfügbarkeit ihrer Daten.

Openfiler hingegen ist als kostengünstige Alternative gedacht und dient dazu, Standard-PC-Hardware als professionelle Storage nutzen zu können. Diese Hardware ist jedoch nicht für den Dauerbetrieb konzipiert und wird bei ständiger Belastung zu einem früheren Zeitpunkt, als die Hardware der DX60 S2, Defekte aufweisen. Auch systemkritische Komponenten, wie z.B. das Netzteil, können bei der Standard-Hardware nicht redundant ausgelegt werden, da sie nicht dafür entwickelt wurden und somit die nötigen Anschlüsse fehlen. Ein plötzlicher Ausfall einer solchen Komponente würde unweigerlich zum Ausfall der kompletten Storage führen, wodurch ein Zugriff auf die Daten nicht mehr möglich wäre.

Im Bereich Storage-Hardware muss der ETERNUS DX60 S2 der Vorzug eingeräumt werden, da die Ausfallsicherheit durch professionellere Hardware bedeutend höher als die der Standard-Hardware ist. Die gesamte Storage ist somit ausfallsicherer und die Daten voraussichtlich verfügbarer.

- **Konfigurationsaufwand**

Die Konfiguration beider Storage-Lösungen erfolgte ohne jegliche Vorkenntnisse und somit unter gleichen Voraussetzungen. Der nötige Wissenserwerb zum erfolgreichen Konfigurieren der ETERNUS DX60 S2 fand durch Lehrgangsunterlagen geschulter Mitarbeiter statt. Im Falle von Openfiler wurden Internetrecherchen, verschiedenste Tutorials sowie Community-Foren für die Konfiguration zu Rate gezogen.

Tabelle 7: Bewertung Konfigurationsaufwand ohne Vorkenntnisse

Konfigurationsaufwand <u>OHNE</u> Vorkenntnisse	
ETERNUS DX60 S2	12 Stunden
Openfiler als FC-Traget	63 Stunden
Openfiler als iSCSI-Target	5 Stunden

An diesen Zeiten zeichnet sich deutlich ab, dass für die Konfiguration des Openfilers wesentlich mehr Zeit benötigt wurde, als für die DX60 S2. Diese Zeit ist vor allem einem langwierigen Wissenserwerb auf Grund unzureichender Dokumentation, wie auch dem Testen verschiedener Hardware geschuldet, da die Liste kompatibler Hardware ebenso ungenügend und teilweise sogar falsch ist.

Die Konfiguration von Openfiler als iSCSI-Target ist vergleichsweise schnell verlaufen, da für diese gute Tutorials der Community im Internet zu finden sind und einiges an Vorwissen bereits durch die vorhergehende Konfiguration vorhanden war.

Tabelle 8: Bewertung Konfigurationsaufwand mit Vorkenntnissen

geschätzter Konfigurationsaufwand <u>MIT</u> Vorkenntnissen	
ETERNUS DX60 S2	8 Stunden
Openfiler als FC-Traget	/
Openfiler als iSCSI-Target	3 Stunden

Der geschätzte Arbeitsaufwand der ETERNUS DX60 S2 ist höher als der des Openfilers als iSCSI-Target. Was jedoch nicht einer schlechteren Konfiguration der DX60 S2 geschuldet ist, sondern eher an der an sich bereits sehr simplen iSCSI-Konfiguration liegt, welche mit der umfangreicheren Beispielkonfiguration der DX60 S2 nicht direkt vergleichbar ist. Der reine Konfigurationsaufwand des Openfilers als FC-Target kann nicht geschätzt werden. Die Beispielkonfiguration konnte selbst nach einer Zeit von 63 Stunden nicht erfolgreich durchgeführt und musste, wie bereits in Kapitel 4.2.4 erwähnt, abgebrochen werden.

Zusammenfassend betrachtet, ist der Konfigurationsaufwand der ETERNUS DX60 S2 etwas höher. Der Wissenserwerb ist angesichts vollständiger Herstellerdokumentation und Unterlagen durch Fujitsu besser und schnell möglich. Mit diesem Wissen kann jede weitere ETERNUS problemlos konfiguriert werden, da sich alle Storage-Modelle nur durch die Hardware unterscheiden und der Konfigurationsvorgang selbst weitgehend identisch ist.

Openfiler hingegen erfordert viel Zeit für Recherchen oder auch Tests und wird somit oftmals nur mit Hilfe des „Trail-and-error-Prinzips“ konfiguriert. Zudem ist es bei Openfiler selten möglich, eine erfolgreiche Konfiguration allein durch Vorkenntnisse durchzuführen. Neue Probleme beispielsweise aufgrund anderer Hardware erfordern erneut Wissenserwerb durch abermalige Internet-Recherchen.

- **Anschaffungskosten**

Folgende Tabelle enthält die Anschaffungskosten beider Beispiel-Storage-Systeme:

Tabelle 9: Bewertung Anschaffungskosten

	ETERNUS DX60 S2	Openfiler
Hardwarekosten	6.685 €	290 €
Installationskosten	600 €	225 €
Gesamtkosten	<u>7.285 €</u>	<u>515 €</u>

Die in der Tabelle aufgeführten Hardware-Kosten für Openfiler beziehen sich ausschließlich auf die beiden zusätzlich erworbenen HBAs (den RAID-HBA von 3ware und den FC-HBA von QLogic), welche für die ursprüngliche Beispielkonfiguration des Openfilers als FC-Target benötigt wurden. Als eigentliche Storage-Hardware diente ein nicht mehr benötigter Standard-PC, für welchen keinerlei Kosten anfielen. Dadurch sind die Hardwarekosten des Openfilers in diesem Beispiel sehr gering. Zur Berechnung der Installationskosten für Openfiler wurde die geschätzte Konfigurationszeit der iSCSI-Target-Konfiguration verwendet.

In Bezug auf die Anschaffungskosten stellt die Open-Source-Lösung „Openfiler“ eine sehr günstige Alternative zu kommerziellen Storage-Systemen dar. Für diesen

niedrigen Preis sind vorwiegend die Hardwarekosten verantwortlich, da die Verwendung eines Standard-PC, im Gegensatz zu professioneller Storage-Hardware, wesentlich günstiger ist.

- **Grafische Benutzeroberfläche**

Das sehr umfangreiche GUI der ETERNUS DX60 S2 ist im Gesamten recht benutzerfreundlich aufgebaut, wirkt aber teilweise etwas überladen. Alle Menüpunkte sind logisch gegliedert und besitzen eine Vielzahl von Untermenüs, welche das Zurechtfinden anfänglich erschweren. Sehr vorteilhaft für die Grundkonfiguration ist das vorhandene Easy-Setup. Hierbei werden alle wichtigen Einstellungen der Grundkonfiguration nacheinander abgearbeitet. Alle systemrelevanten Status-Informationen werden beim Öffnen des GUIs bereits übersichtlich auf dem Startbildschirm angezeigt. Außerdem besitzt die DX60 S2 noch die Möglichkeit diese Informationen an eine vorher festgelegte Adresse per E-Mail zu versenden.

Openfiler hingegen besitzt ein schlankeres und übersichtlicheres GUI. Die Menüpunkte sind weitestgehend logisch unterteilt und besitzen weniger Untermenüs als es bei der DX60 S2 der Fall ist. Die Einarbeitungszeit in die grafische Benutzeroberfläche von Openfiler ist kürzer, jedoch fällt der Umfang aller möglichen Konfigurationen ebenfalls geringer aus. Die systemrelevanten Status-Informationen werden ähnlich der DX60 S2 übersichtlich mit dem Öffnen des GUIs angezeigt. Ein Easy-Setup oder die Benachrichtigung per E-Mails sucht man bei Openfiler jedoch vergeblich.

Die Bewertung der grafischen Benutzeroberfläche zeigt keinen eindeutigen Favoriten. Was die ETERNUS DX60 S2 mit ihrem Umfang an Konfigurations- und Informationsmöglichkeiten hervorhebt, gleicht Openfiler mit einem sehr übersichtlichen GUI mit intuitiver Bedienung aus.

- **Garantie und Support**

Neben standardmäßigen drei Jahren Vor-Ort-Service bietet Fujitsu zur ETERNUS DX60 S2 zwei Jahre weltweite Werksgewährleistung auf die Hardware. Frühzeitige Defekte können so problemlos durch einen Dienstleister vor Ort behoben werden. Die Supportdauer kann durch das Erwerben eines entsprechenden SLAs erweitert bzw. verlängert werden, ist jedoch endgültig abhängig von der Ersatzteilverfügbarkeit. Eine Supportverlängerung ist daher nur in dem Umfang möglich, solange auch Ersatzteile für das entsprechende Modell produziert werden und verfügbar sind. Diese sogenannten SLAs bestimmen, in welcher Zeitspanne und welchem Umfang

der Support vom Dienstleister erfolgen muss. Ein Überblick aller verfügbaren SLAs ist auf der offiziellen Webseite der Firma Fujitsu zu finden.¹⁰

Da Openfiler ein Open-Source Betriebssystem ist, wird keine Garantie für Hardware-Defekte von Openfiler selbst übernommen. Eine Garantieübernahme müsste über den Hersteller der verwendeten Hardware selbst angefordert werden.

Support bei Softwareproblemen bietet Openfiler auf verschiedenste Weise. Zum einen ist ein kostenloser Support durch Community-Foren möglich. Der Foren-Support ist jedoch oft langwierig und nicht unbedingt zielführend, da Antworten häufig von anderen Openfiler-Nutzern stammen und selten von geschulten Fachleuten oder Entwicklern. Zum anderen ist ein kommerzieller Support über E-Mail, Web, Telefone oder Remote Desktop Sitzungen durch Fachleute möglich. Dieser Support kann ebenfalls über verschiedene SLAs erworben werden. Wie bei Fujitsu unterscheiden sich die SLAs durch verschiedene Reaktionszeiten oder Supportmöglichkeiten. Der Preis solch einer SLA liegt derzeit zwischen 780 € und 6.500 € pro Jahr.

Beide Storages bieten dank verschiedenster SLAs die Möglichkeit, eine passende Supportlösung für jeden Anwendungszweck zu wählen. Der Umfang aller Supportlösungen der ETERNUS DX60 S2 ist dennoch für Unternehmen besser geeignet. Durch die Werksgarantie für Hardwareteile und den passenden Vor-Ort-Service durch einen Dienstleister ist der Support rund um die gesamte Storage gut abgedeckt. Openfiler hingegen übernimmt nur den reinen Softwaresupport. Hardwareprobleme müssen über andere Firmen und Hersteller gelöst werden. Die erwerbbaaren Enterprise SLAs mit verschiedenen Supportlösungen für Softwareprobleme, sind ein gutes Angebot, treiben jedoch den Preis für eine Open-Source-Lösung schnell in Richtung einer kommerzieller Storage.

- **Quelloffenes OS oder APIs**

Die ETERNUS DX60 S2 ist mit einem abgeschlossenen, herstellereigenen Betriebssystem ausgestattet. Dieses Betriebssystem kann ausschließlich von Fujitsu selbst angepasst und verändert werden. Somit ist es weder quelloffen, noch existieren APIs zur Entwicklung eigener Features und Erweiterungen.

Das Open-Source Betriebssystem Openfiler ist, wie der Name bereits verrät, ein quelloffenes OS. Der Programm Quellcode ist öffentlich zugänglich und kann unter

¹⁰ http://globalsp.ts.fujitsu.com/dmsp/Publications/public/Available_Services__Maintenance_Support.pdf

der Beachtung der GPLv2 Lizenz verändert werden.¹¹ Dies ermöglicht die individuelle Anpassung des Betriebssystems auf persönliche Bedürfnisse sowie die Entwicklung eigener Features.

Aus diesem Grund ist Openfiler besser für individuelle Spezialaufgaben geeignet, für welche ein hohes Maß an Eigenentwicklungen nötig sind. Die ETERNUS DX60 S2 dagegen bietet ein solides und gut dokumentiertes Betriebssystem mit wenig Fehlern und Problemen. Die eigentliche Bewertung ist also rein vom Verwendungszweck abhängig.

- **Skalierbarkeit des Speichers**

Die maximale Anzahl der Festplatten einer Storage ist, wie bei jedem Computer, abhängig von der Anzahl vorhandener Ports. Eine ETERNUS DX60 S2 kann in verschiedenen Modellen bestellt werden. Die Variante mit der höchsten Anzahl an Festplatten ist mit maximal 24 HDDs ausrüstbar. Das für diese Arbeit verwendete Modell einer DX60 S2 hatte beispielsweise eine maximale Festplattenanzahl von 12 HDDs. Eine nachträgliche Erweiterung über diese 12 Festplatten hinaus ist allerdings nicht ohne weiteres realisierbar. Dank der Hot Swap Funktion der DX 60 S2 ist es bei einem Festplatten-Defekt problemlos möglich, die entsprechende Festplatte im laufenden Betrieb auszutauschen.

Die für Openfiler verwendete Standard-Hardware besitzt in der Regel nicht so viele Speicher-Ports, wie es bei der DX60 S2 der Fall ist. Im Schnitt sind nur ca. sechs Speicher-Ports auf einem Mainboard vorhanden. Diese können zwar noch durch passende HBAs erweitert werden, doch hat auch das Gehäuse nicht endlos Platz für neue Festplatten. Ebenso ist ein Standard-Gehäuse auch nicht für eine so hohe Anzahl an HDDs konzipiert. Die erzeugte Abwärme der Festplatten erhöht die Umgebungstemperatur im Gehäuse und belastet die Hardware so stärker. Ein frühzeitiger Hardware-Defekt ist dadurch sehr wahrscheinlich. Der Austausch einer defekten Festplatte ist bei Standard-Hardware im laufenden Betrieb nicht immer möglich, da die nötige Hot Swap Funktion nicht in jedem Mainboard vorhanden ist. Des Weiteren wurde auch keine Option in Openfiler gefunden, welche eine Hot Swap Funktion vom Betriebssystem her unterstützt. Demzufolge ist ein Festplattenaustausch nur im ausgeschalteten Zustand ratsam.

In Punkto „Skalierbarkeit des Speichers“ ist die ETERNUS DX60 S2 eindeutig der anderen Storage-Lösung vorzuziehen. Die große Anzahl möglicher Festplatten sowie ein problemloser Festplattenaustausch im laufenden Betrieb bringen eine hohe

¹¹ <http://www.gnu.de/documents/gpl-2.0.de.html>

Skalierbarkeit der Storage, welche sich vor allem im produktiven Einsatz auszahlt. Openfiler schneidet durch die Verwendung von Standard-Hardware deutlich schlechter ab. Die geringe Anzahl möglicher Festplatten sowie der reine Offline-Plattentausch machen Openfiler für den Einsatz im produktiven Umfeld unattraktiv.

- **Schutz vor Datenverlust**

Um die gespeicherten Daten vor Verlust zu schützen, bietet die ETERNUS DX60 S2 mehrere Möglichkeiten. Zum einen die bereits in Kapitel 2.2.1 erläuterte Hot-Spare-Funktion und zum anderen die in Kapitel 2.3 beschriebene RAID-Funktion. Neben diesen beiden essentiellen Datenschutzfunktionen bietet die DX60 S2 eine weitere Möglichkeit, Festplattenfehler frühzeitig zu erkennen. Die Storage überwacht permanent alle SMART Werte der Festplatten. Diese Werte enthalten alle wichtigen Parameter einer Festplatte, um drohende Defekte frühzeitig zu erkennen. Sobald sich die SMART Werte einer HDD außerhalb des Toleranzbereiches befinden, meldet die Storage einen Defekt der Festplatte und lässt die dazugehörige Hot-Spare-Festplatte dafür einspringen. Diese „defekte“-Platte sollte nun vorbeugend ausgetauscht werden, da sie von der Storage nicht mehr als Speichermedium verwendet wird.

Openfiler bietet als Schutz vor Datenverlust nur das RAID, wobei nicht alle RAID-Level (Kapitel 2.4) zum Schutz der Daten beitragen. Eine Hot-Spare-Funktion sowie die proaktive Überwachung der SMART Werte ist mit diesem Betriebssystem leider nicht möglich. Es wird zwar der Festplatten-Füllstand überwacht und in den System-Informationen angezeigt, doch andere Festplatten-Parameter werden nicht weiter untersucht und ausgewertet.

Einen guten Schutz vor Datenverlust bietet hier nur die ETERNUS DX60 S2 mit ihren zahlreichen Möglichkeiten. Festplatten-Defekte können bei dieser Storage bereits frühzeitig erkannt und somit ein Datenverlust vermieden werden. Openfiler erlaubt hierfür nur die Möglichkeit des RAIDs. Die fehlende Überwachung wichtiger Festplatten-Parameter lassen einen Defekt oft erst zu spät bemerken.

5.2 Bewertungsübersicht

Die folgende Tabelle stellt beide Storage-Lösungen anhand der in Kapitel 5.1 vergleichend dargestellten Bewertungskriterien gegenüber. Ein „+“ steht hierbei für eine positive und ein „-“ für eine negative Bewertung der jeweiligen Storage.

Tabelle 10: Bewertungsüberblick

	ETERNUS DX60 S2	Openfiler
Storage-Hardware	+	-
Konfigurationsaufwand	+	+
Anschaffungskosten	-	+
Grafische Benutzeroberfläche	+	+
Garantie und Support	+	-
Quelloffenes OS oder APIs	-	+
Skalierbarkeit des Speichers	+	-
Schutz vor Datenverlust	+	-

Aus dieser Tabelle wird sichtbar, dass die ETERNUS DX60 S2 in sechs von acht Kriterien mit einer positiven Bewertung abschließt. Wohingegen Openfiler nur in vier von acht Fällen überzeugen konnte.

5.3 Fazit

Die ETERNUS DX60 S2 ist eine speziell für die kommerzielle Anwendung konzipierte Storage. Redundant ausgelegte Hardwarekomponenten, gute Garantie- und Supportleistungen, dynamisch skalierbarer Speicher sowie umfangreiche Funktionen zum Schutz vor Datenverlust machen aus der DX60 S2 ein hervorragendes Komplettpaket für Unternehmen. Die wenigen Nachteile wie das teilweise überladene GUI oder das herstellerabgeschlossene Betriebssystem fallen weniger ins Gewicht.

Die Open-Source-Lösung Openfiler muss, allein durch die Verwendung von Standard-Hardware, in einigen Punkten Abstriche gegenüber der ETERNUS DX60 S2 machen. Jedoch kann es mit einem quelloffenen Betriebssystem wie auch mit sehr geringen Anschaffungskosten überzeugen.

Openfiler ist eine kostengünstige Alternative zu einer kommerziellen Storage wie beispielsweise die ETERNUS DX60 S2 von Fujitsu. Jedoch ist es durch bereits genannte Kriterien eher für „Bastler“ oder Versuchszwecke geeignet und nicht für den produktiven Einsatz im Unternehmen.

Sobald wichtige Daten, Zeit und auch Kapital von einer Storage-Lösung abhängig sind, sollte stets eine kommerzielle Storage verwendet werden. Die Kosten für solch ein Komplettpaket sind zwar im Vergleich zu einer Open-Source-Lösung höher, doch werden sich diese durch die guten Garantie- und Supportleistungen spätestens bei Problemen schnell auszahlen. Auch der wesentlich bessere Schutz vor Datenverlust oder einem Systemausfall der Storage relativieren und rechtfertigen die Anschaffungskosten.

6 Ausblick in die Speichervirtualisierung

Der wachsende Bedarf an Speicherkapazität erfordert stetig neue Wege, Daten sparsam, flexibel und intelligent zu speichern. Die Speichervirtualisierung ist dafür ein geeignetes Mittel, welches derzeit immer mehr an Bedeutung gewinnt. Aus dem Grund soll die Virtualisierung von Speicher in diesem Kapitel kurz beschrieben und erklärt werden.

6.1 Was ist Speichervirtualisierung?

Die Virtualisierung von Servern oder Desktop-PCs gehört seit geraumer Zeit zum Alltagsgeschäft eines IT-Spezialisten. Die Speichervirtualisierung erfolgt dazu im Vergleich noch recht selten. Der Speicher wird dabei ebenso wie ein Server durch einen Hypervisor virtualisiert.

Ein Hypervisor für die Speichervirtualisierung ist eine portierbare Software, welche den physisch angeschlossenen Speicher virtualisiert bereitstellt. Zugleich können durch diese Software, Storage-Systeme verschiedenster Hersteller zentral und flexibel verwaltet werden. Letztendlich liefert der Hypervisor einen großen Speicherpool aus allen Storages, wobei die eigentlich dahinter befindliche Hardware keine Rolle mehr spielt. Die Software übernimmt die Verteilung der Daten auf dem physischen Speicher, welcher dadurch dynamisch und effektiv ausgelastet werden kann. Des Weiteren stellt ein Hypervisor wie beispielsweise der Hypervisor SANsymphony-V der Firma DATACORE zahlreiche Features zur Verfügung wie beispielsweise Auto-Tiering, Synchron Mirroring, Continuous Data Protection and Recovery und vieles mehr.

Die Speichervirtualisierung bietet folgende Vorteile:

- **Speicherkonsolidierung**
Mehrere verschiedene Speicher werden zu einem virtuellen Speicher zusammengefasst. Die Daten werden darauf dynamisch verteilt, sodass der Speicher effektiv und optimal genutzt wird.
- **Bessere Speicherverwaltung**
Der Speicher wird einheitlich und zentral über den Hypervisor verwaltet. Dies vereinfacht und verbessert die Speicherverwaltung enorm.
- **Verwendung von bereits vorhandenem Speicher**
Bereits vorhandener Speicher kann problemlos für neue Speicherstruktur verwendet werden, da der Hypervisor an keinen Hersteller für den angeschlossenen und

verwendeten Speicher gebunden ist. Dies senkt vor allem Kosten bei Umstrukturierungen.

- **Performancesteigerung**

Eine Performancesteigerung ist nicht nur durch z.B. Auto-Tiering zu erreichen, sondern bereits durch die Speichervirtualisierung selbst. Der Hypervisor speichert alle Daten vorerst im RAM, bevor er diese auf die Storages aufteilt und weiterleitet. Der RAM ist mit Abstand der schnellste Speicher eines Computers.

6.2 Speichervirtualisierung anhand eines Beispiels

Im Folgenden soll anhand eines Beispiels die Speichervirtualisierung und deren Aufbau kurz erläutert werden. Als Grundlage wird die Speichervirtualisierung der Firma DATA-CORE verwendet.

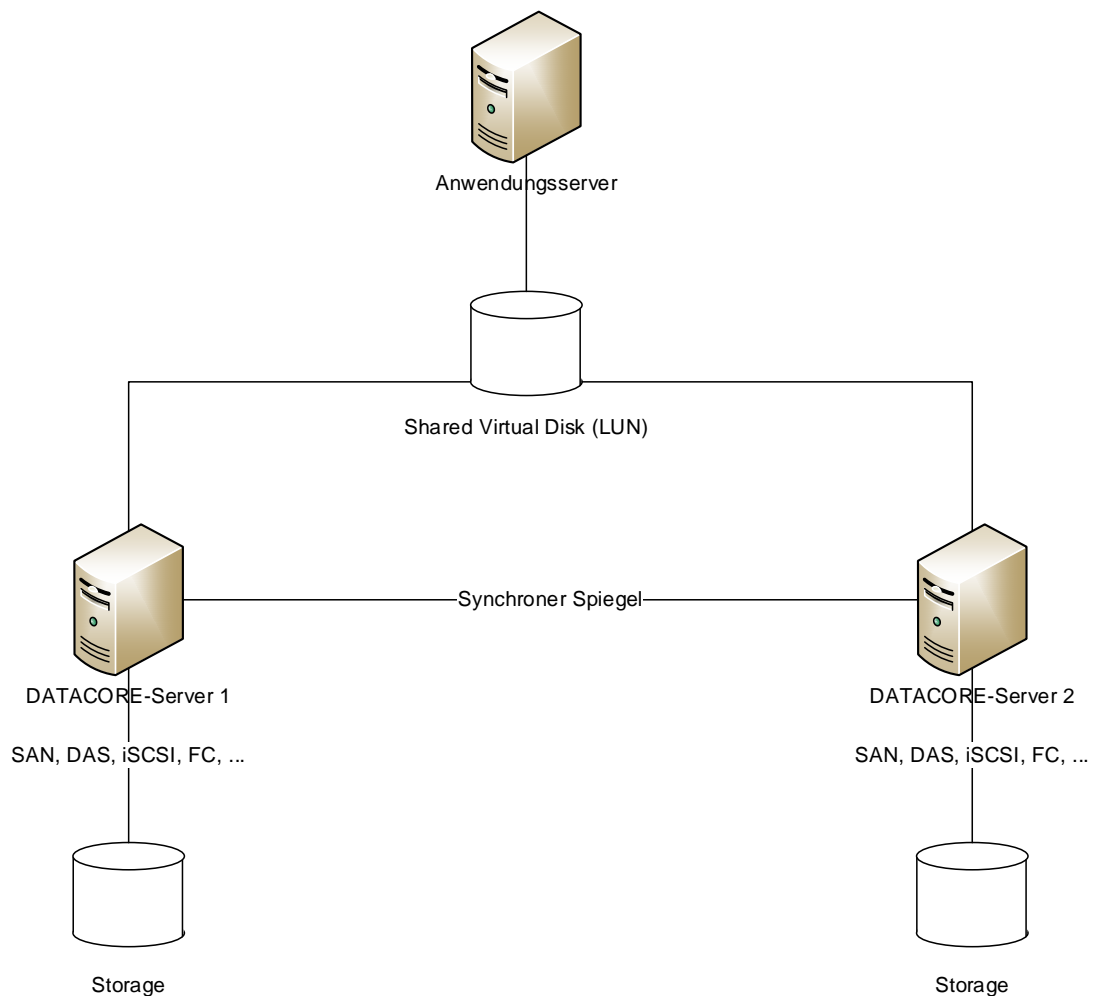


Abbildung 46: Speichervirtualisierung anhand eines Beispiels

Der virtuelle Speicher soll in diesem Beispiel für den Anwendungsserver bereitgestellt werden. Die DATACORE-Server sind die Storage-Hypervisor mit der Software SANsymphony-V. Jeder der beiden Server zeigt dem Anwendungsserver eine virtuelle, bitgenaue Festplatte mit der gleichen LUN-ID. Windows erkennt beide Festplatten, interpretiert diese jedoch als nur eine aufgrund der identischen LUN-ID. Den Ausfall eines DATACORE-Servers würde der Anwendungsserver somit nicht bemerken. Der physische Speicher kann auf beliebige Art und Weise mit dem DATACORE-Server verbunden werden. Auch die Art oder der Hersteller des Speichers spielen keine Rolle. Beide DATACORE-Server sind mittels FC als synchroner Spiegel miteinander verbunden. Die Daten sind somit komplett redundant vorhanden.

Anlage

Front- und Rückansicht der ETERNUS DX60 S2

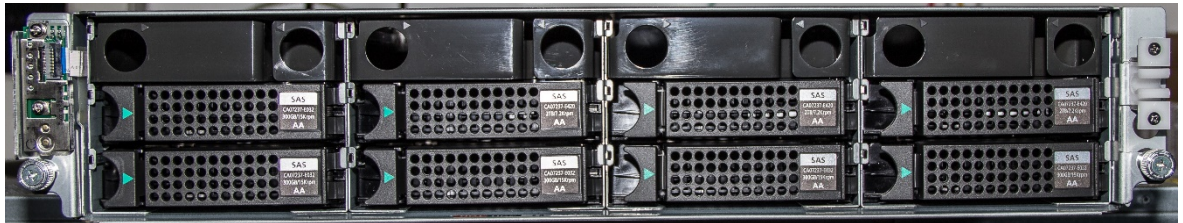


Abbildung 47: Anlage - ETERNUS DX60 S2- Frontansicht

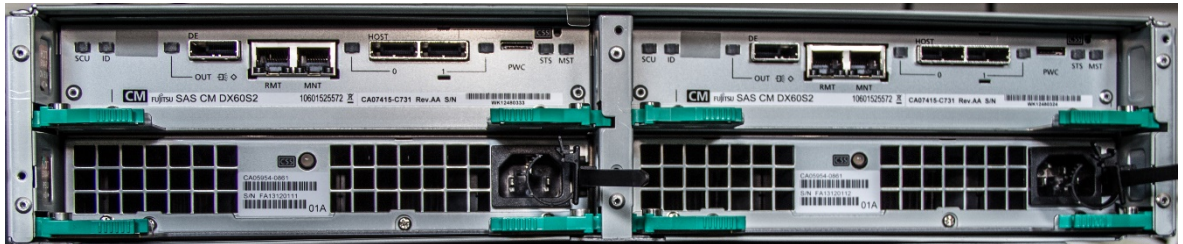


Abbildung 48: Anlage - ETERNUS DX60 S2- Rückansicht

Literatur

Bücher:

- [1] Ulf, Troppens; Rainer, Erkens; Wolfgang, Müller: Speichernetze – Grundlagen und Einsatz von Fibre Channel SAN, NAS, iSCSI und InfiniBand, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage, dpunkt.verlag GmbH, 2008

- [2] Fujitsu Siemens Computers GmbH: Storage Basics, Fujitsu Siemens Computers GmbH, 2009

Webseiten:

- [3] 10 Gründe für Speichervirtualisierung, http://www.alpha2000.de/download/datacore_speichervirtualisierung.pdf, verfügbar am 01.10.2013

- [4] Access security - Host Affinity : Fujitsu Global, <http://www.fujitsu.com/global/services/computing/storage/eternus/products/diskstorage/feature/strsys-d02.html>, verfügbar am 08.08.2013

- [5] Abgestufte Speicherverfahren: HSM, ILM und Tiered Storage | it-administrator.de, <http://www.it-administrator.de/themen/storage/fachartikel/69057.html>, verfügbar am 14.10.2013

- [6] DAS - Direct Attached Storage mit SAS, Fibre Channel oder SCSI, <http://www.storitback.de/service/das.html>, verfügbar am 23.09.2013

- [7] Direct Attached Storage – Wikipedia, http://de.wikipedia.org/wiki/Direct_Attached_Storage, verfügbar am 23.09.2013
- [8] DAS :: direct attached storage :: ITWissen.info, <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/direct-attached-storage-DAS.html>, verfügbar am 23.09.2013
- [9] Disk-Array :: disk array :: ITWissen.info, <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Disk-Array-disk-array.html>, verfügbar am 12.08.2013
- [10] Datasheet Fujitsu ETERNUS DX60 S2 Disk Storage System, http://www.fujitsu.com/downloads/STRSYS/system/dx60s2_dasheet.pdf, verfügbar am 20.10.2013
- [11] GNU GPL v2, <http://www.gnu.de/documents/gpl-2.0.de.html>, verfügbar am 10.09.2013
- [12] *How to* configure OpenFiler v2.99 iSCSI Storage with VMware ESXi 4.1 | Michaelriccioni.com, <http://www.michaelriccioni.com/how-to-configure-openfiler-v2-99-iscsi-storage-with-vmware-esxi-4-1/>, verfügbar am 19.08.2013
- [13] Hot-Spare – Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/Hot-Spare>, verfügbar am 05.08.2013
- [14] Hierarchisches Speichermanagement – Wikipedia, http://de.wikipedia.org/wiki/Hierarchisches_Speichermanagement, verfügbar am 14.10.2013
- [15] Hardware Maintenance and Software Support, http://global.sps.fujitsu.com/dmsp/Publications/public/Available_Services_Maintenance_Support.pdf, verfügbar am 20.10.2013

- [16] iSCSI – Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/ISCSI>, verfügbar am 30.08.2013
- [17] Installieren und Konfigurieren des Microsoft iSCSI-Initiators, [http://technet.microsoft.com/de-de/library/ee338480\(v=ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/de-de/library/ee338480(v=ws.10).aspx), verfügbar am 19.08.2013
- [18] Informationslebenszyklusmanagement – Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/Informationslebenszyklusmanagement>, verfügbar am 14.10.2013
- [19] Konrad Zuse – Wikipedia, http://de.wikipedia.org/wiki/Konrad_Zuse, verfügbar am 20.08.2013
- [20] NAS, SAN und NDAS | c't, <http://www.heise.de/ct/hotline/NAS-SAN-und-NDAS-297334.html>, verfügbar am 23.09.2013
- [21] Network Attached Storage – Wikipedia, http://de.wikipedia.org/wiki/Network_Attached_Storage, verfügbar am 23.09.2013
- [22] Network File System – Wikipedia, http://de.wikipedia.org/wiki/Network_File_System, verfügbar am 15.10.2013
- [23] Openfiler 2.99 fiber channel setup | tomlecluse.be, <http://www.tomlecluse.be/blog/20110619/openfiler-299-fiber-channel-setup>, verfügbar am 19.08.2013
- [24] Openfiler | Open Source Storage Managment Appliance, <http://www.openfiler.com/>, verfügbar am 17.08.2013
- [25] RAID – Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/RAID>, verfügbar am 18.09.2013

- [26] RFC 3720, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3720.txt>, verfügbar am 30.08.2013
- [27] Serial Attached Storage (SAS) besser als Fibre Channel (FC), http://greiterweb.de/spw/SAS_vs_FC.htm, verfügbar am 10.09.2013
- [28] Speichersysteme im Netzwerk – Winfwiki, http://winfwiki.winfom.de/index.php/Speichersysteme_im_Netzwerk, verfügbar am 29.08.2013
- [29] Storage, <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/0906121.htm>, verfügbar am 23.09.2013
- [30] SAN, NAS oder DAS: was passt wann - speicherguide.de, <http://www.speicherguide.de/speichernetze/fc-san/san,-nas-oder-das-was-passt-wann-17001.aspx>, verfügbar am 23.09.2013
- [31] Speichernetze mit NAS und SAN - Was steckt hinter NAS, SAN, DAS, FC-SW, FCoE und iSCSI | TecChannel.de, http://www.tecchannel.de/storage/san/445645/speichernetze_mit_nas_und_san/, verfügbar am 23.09.2013
- [32] SAN - Storage Area Network - Topologie, Fibre Channel, Hardware und Software, <http://www.storitback.de/service/san.html>, verfügbar am 23.09.2013
- [33] Storage Area Network – Wikipedia, http://de.wikipedia.org/wiki/Storage_Area_Network, verfügbar am 23.09.2013
- [34] SAN - Storage Area Network, <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/0906071.htm>, verfügbar am 23.09.2013

- [35] Speichervirtualisierung – Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/Speichervirtualisierung>, verfügbar am 01.10.2013
- [36] Speichervirtualisierung: transtec - IT & Solutions, <http://www.transtec.de/loesungen/speicher/speichervirtualisierung/>, verfügbar am 01.10.2013
- [37] Speichervirtualisierung - speicherguide.de, <http://www.speicherguide.de/wissen/glossar/s/speichervirtualisierung-8346.aspx>, verfügbar am 01.10.2013
- [38] Speichervirtualisierung nimmt Fahrt auf - computerwoche.de, <http://www.computerwoche.de/a/speichervirtualisierung-nimmt-fahrt-auf,1234675>, verfügbar am 01.10.2013
- [39] Service-Level-Agreement – Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/Service-Level-Agreement>, verfügbar am 25.09.2013
- [40] Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology – Wikipedia, http://de.wikipedia.org/wiki/Self-Monitoring,_Analysis_and_Reporting_Technology, verfügbar am 25.09.2013
- [41] Server Message Block – Wikipedia, http://de.wikipedia.org/wiki/Server_Message_Block, verfügbar am 15.10.2013
- [42] Topologie (Rechnernetz) – Wikipedia, [http://de.wikipedia.org/wiki/Topologie_\(Rechnernetz\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Topologie_(Rechnernetz)), verfügbar am 23.09.2013
- [43] Tiered-Storage: verteiltes Speichern - speicherguide.de, <http://www.speicherguide.de/storage-hardware/disk-subsysteme/tiered-storage-verteiltes-speichern-12381.aspx>, verfügbar am 14.10.2013

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Grüna, den 30.10.2013

Daniel Müller